

Міністерство освіти і науки України
Харківська національна академія міського господарства

О. О. Лобашов,
О. В. Прасоленко

ПРАКТИКУМ З ДИСЦИПЛІНИ
«ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ»

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Харків
ХНАМГ
2011

УДК 656.11:625.711.1(075)
ББК 39.311я73-6
Л68

Рецензенти:

Лисіков Є. М., професор кафедри „Колії та колійне господарство”
Української державної академії залізничного транспорту,
д-р техн. наук, професор;

Загарій Г. І., завідувач кафедри спеціалізованих комп’ютерних систем
Української державної академії залізничного транспорту,
д-р техн. наук, професор;

Самородов В. Б., завідувач кафедри „Автомобіле- і тракторобудування”
Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”,
д-р техн. наук, професор.

Рекомендовано

***Міністерством освіти і науки України,
як навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.070101
«Транспортні технології (за видами транспорту)» вищих навчальних закладів,
рішення №1/11-5590 від 23.06.10***

Лобашов О. О.

Л68 Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч.
посіб. / О. О. Лобашов, О. В. Прасоленко; Харк. нац. акад. міськ.
госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 221 с.

ISBN 978-966-695-210-6

У навчальному посібнику розглянуто питання організації руху транспортних потоків. На основі використання експериментальних досліджень особливостей формування схем руху транспортних потоків, визначені раціональні параметри і схеми організації дорожнього руху на перехрестях і автомобільних дорогах. Навчальний посібник розраховано для студентів, аспірантів, науковців, викладачів, а також проектувальників транспортних систем, які приймають рішення щодо реалізації різноманітних проектів з організації і регулювання дорожнього руху.

**УДК 656.11:625.711.1(075)
ББК 39.311я73-6**

ISBN 978-966-695-210-6

© О. О. Лобашов, О. В. Прасоленко, 2011
© ХНАМГ, 2011.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ І ПАРАМЕТРИ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ.....	5
1.1. Методи визначення характеристик дорожнього руху.....	5
1.2. Розрахунок характеристик дорожнього руху.....	16
1.3. Визначення кількості замірів для забезпечення необхідної точності й надійності результатів.....	34
1.4. Розрахунок пропускної здатності магістралі і рівня її завантаження.....	38
2. АВТОМОБІЛЬ І ПАРАМЕТРИ РУХУ.....	51
2.1. Визначення гальмівних властивостей автомобілів.....	51
2.2. Поперечна стійкість автомобіля.....	68
3. МЕТОДИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЗАХОДІВ З ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА АВАРІЙНІСТЬ.....	73
3.1. Метод коефіцієнтів безпеки.....	73
3.2. Оцінка ступеня небезпеки ділянок дороги методом підсумкового коефіцієнта аварійності.....	80
3.3. Кількісний і якісний аналіз дорожньо-транспортних пригод....	86
3.4. Аналіз ступеня конфліктності транспортних потоків на перехрестях.....	98
4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ.....	112
4.1. Визначення пропускної здатності на нерегульованому перехресті та кільцевих вузлах.....	112
4.2. Визначення пропускної здатності на регульованому перехресті...	124
4.3. Вибір кількості смуг руху на підходах до перехрестя.....	146
4.4. Вибір схеми пофазного роз'їзду.....	154
4.5. Визначення потоків насичення за напрямками руху транспортних засобів на перехресті.....	161
4.6. Розрахунок параметрів циклу світлофорного регулювання.....	172
4.7. Розрахунок економічних і соціальних показників ефективності проектних рішень після впровадження заходів з організації дорожнього руху.....	181
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	200
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	202
Додаток А. Довідкові дані для розрахунку характеристик дорожнього руху і параметрів транспортних потоків на транспортній мережі.....	203
Додаток Б. Довідкові дані для розрахунку гальмівних властивостей автомобілів.....	206
Додаток В. Довідкові дані для розрахунку показників аварійності.....	209
Додаток Г. Довідкові дані для розрахунку показників ефективності проектних рішень з організації дорожнього руху.....	215

ВСТУП

Автомобільний транспорт міцно ввійшов в сучасне життя, забезпечуючи великий обсяг перевезень у всіх сферах людської діяльності. Промисловість, будівельна індустрія, сільське господарство, торгівля не можуть ефективно функціонувати без широкого використання автомобілів [1–2]. Автомобільні перевезення стали невід'ємною ланкою транспортного процесу практично на всіх видах транспорту. Широкий спектр впливу на всі сфери людської діяльності і на розвиток суспільства в цілому ставить багатопланові вимоги до забезпечення нормального функціонування системи дорожнього руху (ДР), що є складною динамічною системою взаємодії транспортних і пішохідних потоків, сукупності чотирьох її складових частин: водій – автомобіль – дорога – середовище (ВАДС) [1–14]. Збільшення інтенсивності руху транспорту, зміна структури і швидкісних режимів транспортних потоків пред'являють усе більш жорсткі вимоги до засобів керування й організації руху для забезпечення необхідного рівня ефективності і безпеки дорожнього руху. Для цього повинна бути створена оптимальна по довжині, щільності й транспортно-експлуатаційним показникам вулично-дорожня мережа (ВДМ). Однак досвід найбільш розвинутих країн показує, що недостатньо побудувати дороги, необхідно здійснювати на них постійну цілеспрямовану діяльність з планування, оснащення спеціальними технічними пристроями організації дорожнього руху й оперативному керуванню рухом [1–6, 11–14]. Цю діяльність можуть забезпечити тільки фахівці, які мають необхідну сучасну підготовку у сфері організації і регулювання дорожнім рухом.

Цей навчальний посібник спрямований на ознайомлення читачів з напрямками дослідження закономірностей і методів оцінки параметрів руху транспортних потоків при рішенні інженерних і системних питань з організації дорожнього руху.

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ І ПАРАМЕТРИ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

1.1. Методи визначення характеристик дорожнього руху

Мета: визначити інтенсивності, склад транспортних потоків і швидкість руху за напрямками на ВДМ.

Теоретична частина

Залежно від мети дослідження, можуть бути використані різні методи визначення характеристик дорожнього руху: документальні, натурні, методи моделювання [1, 6, 11, 14, 20, 22, 23].

Документальні методи – засновані на вивченні і аналізу планових, звітних, статистичних і проектно-технічних матеріалів. До цієї групи методів ставляться також анкетні обстеження транспортних потоків і пасажиропотоків. У документальних методах використовуються залежності між обсягами руху й обсягами виробництва, щільністю населення транспортних районів, транспортною рухомістю населення і т.д. Документальні методи мають високу трудомісткість і, як правило, низьку точність результатів.

Методи натурних обстежень засновані на проведенні безпосередніх вимірів характеристик ДР у різних місцях ВДМ. Інформацію можна одержати шляхом безпосередніх спостережень або за допомогою засобів автоматичної реєстрації.

Натурні обстеження діляться на локальні, зональні, регіональні.

Локальні обстеження проводяться для вивчення інтенсивності, швидкості, складу потоків на перехрестях, окремих ділянках доріг, вулиць.

Зональні обстеження полягають в одержанні просторових і тимчасових характеристик у певній зоні. Ці обстеження є вибірковими.

Регіональні обстеження проводяться для одержання сумарних значень

параметрів транспортних потоків у районі, місті, області. Вони використовуються для прогнозування тенденцій зміни характеристик потоків при будівництві, реконструкції об'єктів.

Перевагами методів натурних обстежень є їхня простота, висока точність. Недоліки – висока трудомісткість обстежень, неможливість застосування цих методів для проєктованих об'єктів.

Методи моделювання засновані на використанні математичних і нематематичних (фізичних, аналогових) моделей зміни параметрів транспортних потоків. Наприклад, основне рівняння транспортного потоку – математична модель, яка описує взаємозв'язок між інтенсивністю, швидкістю й щільністю потоку. У порівнянні з методами натурних обстежень, методи моделювання мають більш низьку точність. Але при цьому, вони прості в застосуванні, не вимагають залучення великої кількості обліковців. Крім того методи моделювання застосовні для проєктованих об'єктів [23].

Завдання

1. Провести обстеження інтенсивності, складу транспортного потоку;
2. Визначити інтенсивність руху у приведених одиницях;
3. Обробити результати обстежень інтенсивності, складу транспортного потоку та представити результати у вигляді підсумкових таблиць;
4. Побудувати картограму інтенсивності руху;
5. Побудувати схему ділянки для визначення швидкості транспортного потоку;
6. Визначити швидкість руху за напрямками й представити результати у вигляді підсумкових таблиць.

Вихідні дані

У рамках даної роботи всі дані отримують шляхом натурних обстежень [6, 11, 24].

Вказівки до виконання завдання

1. Вивчити схему вулично-дорожньої мережі заданого району.
2. Вибрати перехрестя, на якому будуть проводитися обстеження. На одне перехрестя призначається бригада з 2–4 чол. в залежності від геометричних параметрів і складності перехрестя.
3. Підготувати бланки для проведення обліку (рис. 1.1).
4. Заздалегідь до обстеження побувати на перехресті, визначити його параметри: кількість підходів до перехрестя, кількість смуг руху, тип дорожньої розмітки, розташування трамвайних колій, тип дорожніх знаків, засоби світлофорного регулювання та ін. Побудувати схему перехрестя. Зразок схеми (для студента, що стоятиме на посту №3) показано на рис. 1.2. Схема і порядок нумерації постів мають бути однаковими для студентів з однієї бригади.
5. У вказаний день і час прибути на перехрестя, рівно на початку години розпочати обстеження та закінчити рівно через годину. Кожен студент з бригади вибирає свій підхід до перехрестя, визначає місце розташування посту. Номер поста зазначається у бланку.
6. З початку обстеження кожен студент рахує транспортні засоби, які проїжджають з його підходу через перехрестя. Кількість транспортних засобів заноситься у бланк (рис. 1.1) відповідно до категорії та напрямку руху. Позначати транспортні засоби слід не цифрами, а спеціальними позначеннями – “конвертиками”. Ця система була спеціально розроблена для бланкового обліку. Згідно з цією системою один автомобіль позначається рисочкою або крапкою (табл. 1.1).
7. Після проведення обстеження проводять обробку інформації. Для кожного напрямку розраховується інтенсивність транспортного потоку (у фізичних одиницях за годину).

КАРТКА
обліку інтенсивності і складу транспортного потоку

Пост №_____ Місце знаходження поста_____

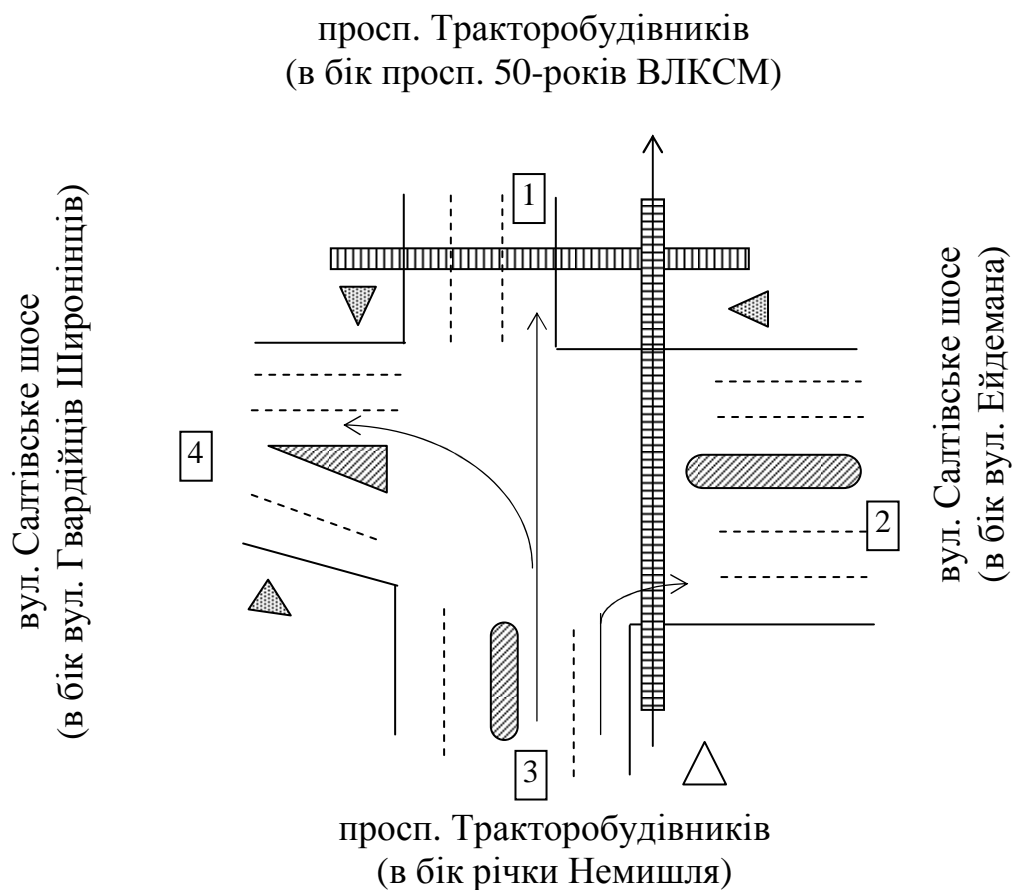
Час проведення обліку з _____ до _____ "___" _____ 20__ року

Прізвище , Ім'я студента _____

Вид транспортних засобів (ТЗ)	Напрямок руху		
Легкові автомобілі (Кп=1,0)			
Мікроавтобуси і вантажні автомобілі вантажопідйомністю до 2 т. (Кп=1,5)			
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю 2–5 т. (Кп=2,0)			
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю 5–8 т. (Кп=2,5)			
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю більше 8т. (Кп=3,5)			
Автобуси всіх марок (Кп=2,5)			
Зчленовані автобуси та тролейбуси (Кп=3,5)			
Тролейбуси (Кп=3,0)			
Мотоцикли, мопеди Кп=0,5)			
Трактори, трамваї (Кп=4,0)			
Крани (Кп=3,5)			
Всього у фізичних од./год.			
Всього у приведених од./год.			
Всього у приведених од./доб.			

Примітка: Кп – коефіцієнт приведення типу транспортного засобу до легкового автомобіля [11].

Рис. 1.1 – Бланк обліку інтенсивності і складу транспортного потоку



Умовні позначення:

- > — транспортні потоки, що досліджуються з окремого посту;
- |||| — трамвайна колія;
- △ — місце розташування посту ;
- ▲ — місця розташування постів інших студентів з бригади;
- 3 — номер підходу до перехрестя, що контролюється з цього посту.

Рис. 1.2 – Схема перехрестя що обстежується

Таблиця 1.1

Позначення кількості транспортних засобів під час обліку

Кількість ТЗ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позначення		└	└└	□	▣	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗

Приклад заповненого бланка наведено на рис. 1.3.

Інтенсивність транспортного потоку (у фізичних одиницях за годину) визначається за формулою

$$N_i = \sum_{k=1}^n N_{ik}, \quad (1.1)$$

де i – напрямок руху;

k – вид транспортних засобів;

N_{ik} – кількість транспортних засобів виду k , що проїхали у напрямку i протягом обстеження, од.

8. Для кожного напрямку розраховується інтенсивність транспортного потоку (у приведених одиницях за годину) за формулою

$$N_{npi} = \sum_{k=1}^n k_k^{np} \cdot N_{ik}, \quad (1.2)$$

де k_k^{np} – коефіцієнт приведення кількості транспортних засобів типу k до легкового автомобіля (наведено у бланку рис. 1.1).

9. Для кожного напрямку розраховують добову інтенсивність транспортного потоку (у приведених одиницях за добу) за формулою

$$N_{npi}^{\text{доб}} = \frac{N_{npi} \cdot 100}{\overline{k_{\text{доб}}}}, \quad (1.3)$$

де $\overline{k_{\text{доб}}}$ – середнє співвідношення добової до годинної інтенсивності руху у годину проведення обстеження, %. Приймають з табл. 1.2.

10. Побудувати картограми інтенсивностей транспортних потоків у масштабі. Приклад оформлення картограми наведено на рис. 1.4.

КАРТКА

обліку інтенсивності і складу транспортного потоку

Пост № 3 Місце знаходження поста
просп. Тракторобудівників – вул. Салтівське шосе

Час проведення обліку з 8⁰⁰ до 9⁰⁰ "7" вересня 2010_ року
 Прізвище, Ім'я студента Петренко П.П. група ОР-2005-1

Вид транспортних засобів	Напрямок руху		
	3-4	3-1	3-2
Легкові автомобілі (Кп=1,0)	⊠⊠⊠⊠⊠	⊠⊠⊠⊠⊠	⊠⊠⊠⊠⊠
	⊠⊠⊠⊠⊠	⊠⊠⊠⊠⊠	⊠⊠⊠⊠⊠
	⊠⊠⊠⊠⊠	⊠⊠⊠⊠⊠	
	⊠⊠ L		
Мікроавтобуси і вантажні автомобілі вантажопідйомністю до 2 т. (Кп=1,5)	⊠□	⊠□	⊠
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю 2-5 т. (Кп=2,0)	⊠⊠	⊠ L	⊠
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю 5-8 т. (Кп=2,5)	⊠	⊠ I	⊠
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю більше 8т. (Кп=3,5)	□		I
Автобуси всіх марок (Кп=2,5)	⊠	□	
Зчленовані автобуси та зчленовані тролейбуси (Кп=3,5)		L	□
Тролейбуси (Кп=3,0)			
Мотоцикли, мопеди (Кп=0,5)	I		□
Трактори, трамваї (Кп=4,0)		L	
Крани (Кп=3,5)			
Всього у фізичних од./год.	229	196	130
Всього у приведених од./год.	292,5	249	168
Всього у приведених од./доб.	4073,8	3467,9	2339,8

Рис. 1.3 – Зразок заповнення бланку обліку інтенсивності і складу транспортного потоку

Таблиця 1.2

Відсоткове співвідношення інтенсивності руху протягом доби

Час доби	Співвідношення $k_{доб}$			Час доби	Співвідношення $k_{доб}$		
	Min	Max	середнє		Min	Max	середнє
6–7	2,36	2,94	2,62	18–19	5,21	6,04	5,61
7–8	5,64	5,94	5,75	19–20	3,08	5,50	4,46
8–9	6,96	7,46	7,18	20–21	3,00	3,74	3,47
9–10	6,30	7,51	7,05	21–22	2,02	3,10	2,59
10–11	6,56	7,30	7,02	22–23	0,70	2,50	1,89
11–12	6,31	7,27	6,66	23–24	0,50	2,45	1,54
12–13	6,21	7,22	6,61	0–1	0,45	1,61	0,99
13–14	5,39	6,34	6,00	1–2	0,41	1,44	0,74
14–15	6,32	6,87	6,59	2–3	0,19	0,55	0,31
15–16	6,66	7,42	7,12	3–4	0,22	0,37	0,29
16–17	6,90	7,41	7,08	4–5	0,28	0,83	0,50
17–18	6,33	7,03	6,63	5–6	0,50	1,32	0,75

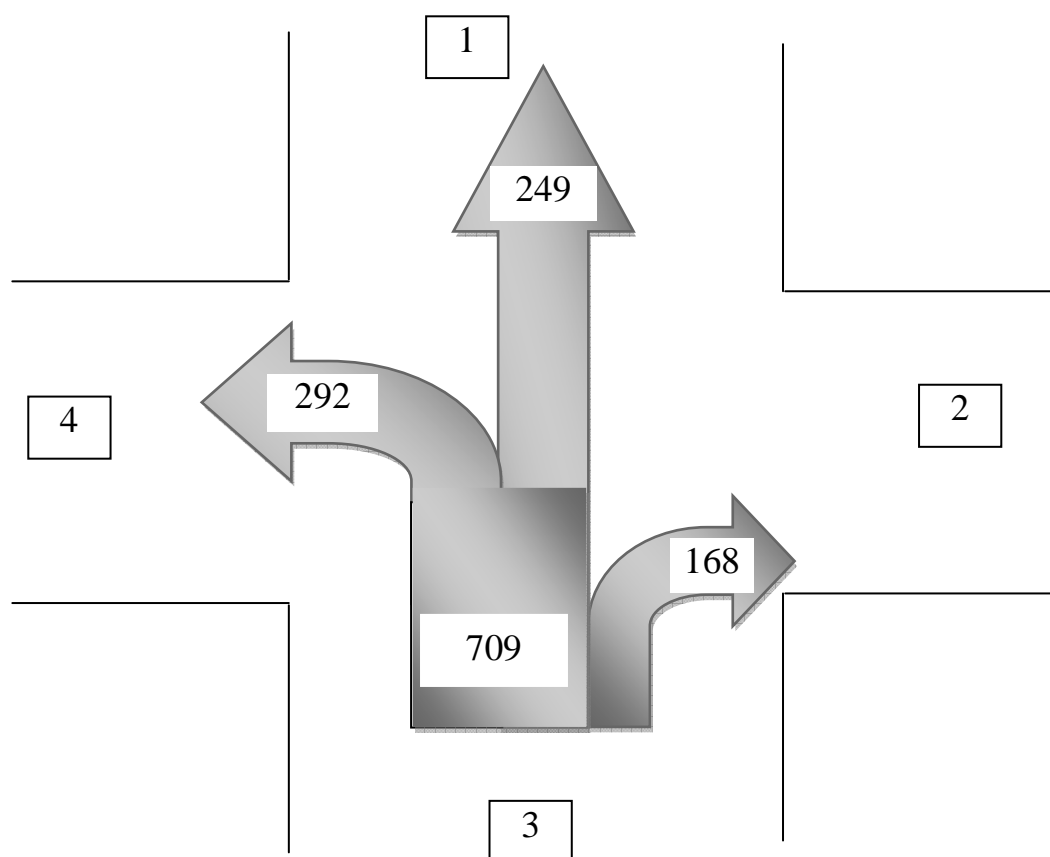


Рис. 1.4 – Картограма інтенсивності транспортних потоків на перехресті (у приведених од./год.)

11. Зразок бланку для виміру швидкості показано на рис. 1.5. Заміри виконуються в реальних дорожніх умовах в той же день, що й заміри інтенсивності і складу транспортного потоку.

КАРТКА **обліку швидкості руху транспортних засобів**

Місце проведення обстеження _____

(назва вулиці, дороги і т. д.)

Час проведення обліку з _____ до _____ Дата «_____» _____ 20__ р.

Прізвища І.Б. обліковців _____

Категорія транспортного засобу	Час проходження мірної ділянки, с.	Швидкість	
		м./с.	км./год.
Легкові автомобілі			
Мікроавтобуси та вантажівки до 2 т.			
Вантажні автомобілі 2–5 т.			
Вантажні автомобілі 5–8 т.			
Вантажні автомобілі більше 8 т.			
Автобуси			
Зчленовані автобуси			
Тролейбуси			
Трамваї			
Зчленовані троллейбуси			
Мотоцикли, мопеди та ін.			
Трактори			
Крани та інші дорожні машини			

Рис. 1.5 – Картка обліку швидкості руху транспортних засобів

Для виконання замірів потрібен секундомір. Спочатку треба вибрати ділянку для виконання замірів. Ділянка повинна бути віддалена від найближчих перехресть на 100 м. Довжина мірної ділянки становить 100 м. (приблиз-

но 132 кроки чоловіка середнього зросту). Схему ділянки з зображенням місць розташування обліковців слід відобразити у звіті. Зразок схеми показано на рис. 1.6.

12. Заміри часу проходження автомобілями мірної ділянки виконуються у такій послідовності:

- обліковець, який стоїть на початку мірної ділянки, вибирає окремий автомобіль у потоці. Секундомір встановлюється на нуль;
- в момент проїзду вибраного автомобіля через початкову межу мірної ділянки секундомір запускається;
- в момент проходження автомобілем через кінцеву межу мірної ділянки інший обліковець, що стоїть в кінці мірної ділянки, подає першому сигнал рукою або прапорцем. Перший обліковець зупиняє секундомір;
- показання секундоміру записують у бланк.

Аналогічно виконують заміри по іншим автомобілям різних категорій. Загалом треба зробити по три заміри для кожної категорії автомобілів. Перелік категорій наведено у бланку на рис. 1.5.

13. Після проведення замірів треба розрахувати швидкість руху окремих автомобілів, середню швидкість автомобілів з кожної категорії та швидкість потоку у цілому.

Швидкість (V_{ij} , км./год.) окремого автомобіля i в кожній категорії j розраховується за формулою

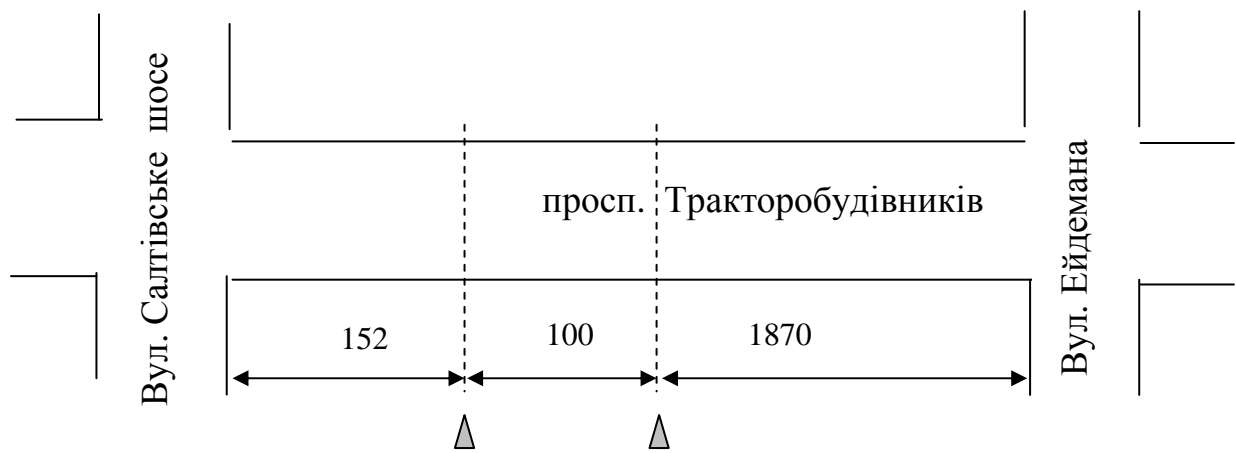
$$V_{ij} = 3,6 \cdot \frac{L_M}{t_{ij}}, \quad (1.4)$$

де L_M – довжина мірної ділянки, м.;

t_{ij} – час проходження мірної ділянки автомобілем, с.;

i – номер заміру;

j – номер категорії.



Умовні позначення:

- – межа мірної ділянки;
- ▲ – місця розташування обліковців.

Рис. 1.6 – Схема ділянки для визначення швидкості транспортного потоку

Середню швидкість ($V_{кат j}$, км./год.) автомобіля i в кожній категорії j розраховують за формулою

$$V_{кат j} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{n}, \quad (1.5)$$

де n – кількість замірів за категорією j .

Швидкість транспортного потоку ($V_{п}$, км./год.) розраховують за формулою

$$V_{п} = \frac{\sum_{j=1}^k V_{кат j}}{k}, \quad (1.6)$$

де k – кількість категорій автомобілів.

Питання для самоперевірки та контролю знань

1. У чому полягає методика визначення інтенсивності руху?
2. У чому полягає методика визначення складу транспортного потоку?
3. У чому полягає методика визначення швидкості руху транспортного потоку?
4. Як визначають інтенсивність у приведених одиницях?
5. Як визначають миттєву швидкість транспортного потоку?

1.2. Розрахунок характеристик дорожнього руху

Мета: набуття навичок з розрахунку пропускної здатності вулиць із безперервним рухом та багатосмуговою проїзною частиною, а також визначення рівня завантаження дороги рухом й щільності транспортних потоків.

Теоретична частина

Дорожній рух характеризується рядом показників:

- пропускною здатністю автомобільної дороги;
- інтенсивністю транспортного потоку;
- щільністю транспортного потоку;
- швидкістю руху транспортного потоку;
- складом транспортного потоку;
- затримками руху транспортного потоку;
- рівнем завантаження автомобільної дороги.

1. Пропускна здатність дороги (P) – це максимальне число автомобілів, що можуть пройти по ній в одиницю часу при забезпеченні заданої швидкості й безпеки руху (БР) [1–6, 11–14, 20]. Це не слід плутати із пропускною зда-

тністю перетину. Наприклад: на перетинанні $P=400$ авт./год., а на всій вулиці 1000 авт./год. У цьому випадку пропускна здатність вулиці буде $= 400$ авт./год. Пропускна здатність вулиці визначає найменше значення P однієї з її ділянок.

Пропускна здатність смуги при заданій швидкості вільного руху визначається за формулою [20, 22, 24]

$$P = \frac{3600}{\Delta t_{min}}, \quad (1.7)$$

де Δt_{min} – мінімальний інтервал руху між автомобілями, с.

Мінімальний інтервал руху між автомобілями, с. визначають за формулою [20, 22, 24]

$$\Delta t_{min} = \frac{(S_{T2} - S_{T1})}{V}, \quad (1.8)$$

де S_{T2} й S_{T1} – відповідно зупиночний шлях 2-го і гальмівний шлях 1-го автомобіля.

Коли припустити, що технічний стан автомобілів у потоці однаковий, тоді:

$$\Delta t_{min} = t_p, \quad (1.9)$$

де t_p – час реакції водія, с.

Час t_p залежить від напруженості роботи водія (інтервали між автомобілями). Чітке розуміння зміни часу реакції водія надає дослідження, що представлено в роботах [12, 20].

Таблиця 1.3

Теоретична пропускна здатність міської вулиці безперервного руху [20]

Швидкість, км./год.	Тривалість роботи	Час реакцій при рівні забезпеченості, с.		Пропускна здатність, авт./год., при рівні забезпеченості	
		85%	50%	85%	50%
50–60	Тривала	3,0	2,0	1200	1800
	Короткочасна	1,6	1,4	2250	2570

Пропускна здатність однієї смуги залежить від складу потоку [6, 11, 20, 23]. При збільшенні в складі потоку частки вантажних автомобілів пропускна здатність смуги знижується, як і швидкість руху транспортного потоку. У міру наближення пропускної здатності до граничної, знижується швидкість і погіршується стабільність руху. Параметри руху для різних умов руху подано в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Параметри транспортного потоку для різних умов руху [20]

Характеристика потоку	Швидкість, км./год.	Інтенсивність (питома на одну смугу руху), авт./год.
А. Вільний	96–60	1000
В. Стабільний	88–55	1500
С. Наближається до нестабільного	64–40	1800
Д. Нестабільний	64–40	2000
Е. Затор	48–30	2000

Тривалість безперервного руху в режимі граничної пропускної здатності 10–15 хв., а тривалість затору може перевищувати 50 % часу. Середня швидкість потоку при цьому становить 15–20 км./год. і дуже висока аварійність [20].

Особливості багатосмугових проїзних частин – перебудування автомобілів на ширині. Маневр зміни смуги триває 4–6 с. Пропускна здатність смуги руху й всієї вулиці при наявності автомобілів, що перебудовуються менше, ніж при русі тільки по своїх смугах. Інтенсивність руху на різних смугах навіть при граничному завантаженні неоднакова [20].

2. Інтенсивність руху (N) – це кількість транспортних засобів, що проходять через перетин дороги за одиницю часу. Інтенсивність руху вимірюється в од./год., од./доб., од./тиждень, од./рік. [1, 2, 4–6, 11–14, 17–25].

Інтенсивність руху має нерівномірний характер. Існують закономірності зміни інтенсивності руху по годинах доби, дням тижня, місяцям року і т.д. Так протягом доби в містах звичайно спостерігаються «пікові періоди». У період ранкового й вечірнього «піка» інтенсивності переважають «трудові» поїздки (від будинку до місця роботи й навпаки). Звичайно можна виділити й «міжпіковий» період, коли інтенсивність руху знижується (з 10 год., до 16 год.). Для оцінки нерівномірності інтенсивності руху по годинах доби застосовуються коефіцієнти нерівномірності [1, 6, 11, 20, 23].

$$K_n = \frac{N_i}{N_{cp}}, \quad (1.10)$$

де N_i – інтенсивність руху в i -й годині доби;

N_{cp} – середня інтенсивність руху протягом доби.

Середня інтенсивність руху протягом доби визначається за формулою

$$N_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{24} N_i}{24}. \quad (1.11)$$

Коефіцієнт нерівномірності має наступний вид

$$K'_n = \frac{N_i}{N_{доб}}, \quad (1.12)$$

де $N_{доб}$ – добова інтенсивність руху.

Коефіцієнт річної нерівномірності інтенсивності руху визначається за співвідношенням

$$K_p = \frac{U_m}{W_p}, \quad (1.13)$$

де U_m – місячний обсяг руху;

W_p – річний обсяг руху.

Найбільша інтенсивність руху відзначається в п'ятницю. На години «пік» доводиться 10–12% добового обсягу руху, а на період з 8 до 20 годин – 80% добового обсягу руху [5, 20, 22].

Відомо, що у містах в цілому інтенсивність руху значно вище, чим за містом. Наприклад, у США довжина міської ВДМ становить близько 13% від загальної, але частка інтенсивності руху на ній перевищує 50%. У той же час, у самому місті є обмежене число магістралей, на які доводиться значна частка всієї інтенсивності руху. Розподіл інтенсивності руху по напрямках у містах, як правило, симетричний. Однак на деяких ділянках є помітно виражені відхилення, пов'язані із заборною лівих поворотів, введенням одностороннього руху на окремих вулицях і іншими особливостями планування вулично-дорожньої мережі [20].

Розподіл інтенсивності руху по смугах на міських вулицях є складною функцією від кількості припаркованих на правій смузі транспортних засобів, інтенсивності поворотного потоку, умов повороту, рівня завантаження смуг прямого руху і та ін. Водії транспортних засобів прямого напрямку обирають для руху ту смугу, на якій, на їхню думку, у цей момент будуть мати місце найменші затримки й число зупинок [15, 19, 20, 25].

За думкою авторів [4–15, 20, 22] нерегульовані перетинання знижують інтенсивність. Метод розрахунків заснований на тому, що нерегульоване перетинання розглядається, як регульоване з фазою зеленого сигналу, пропорційної інтенсивності по головній і другорядній дорозі з урахуванням геомет-

ричних характеристик цих доріг. При цьому встановлено, що примикання другорядних вулиць, а саме маневри повороту знижують інтенсивність по головній вулиці.

Стоянки автомобілів або посадка (висадження) пасажирів поблизу тротуару – у цьому випадку скорочується площа дороги для руху. Вплив припаркованих автомобілів розглядається, як зменшення ширини проїзної частини не менше, як на 2,4 м. Крім того, великі стоянки є ще причиною порушення нормальних умов руху на сусідній смузі через від'їжджаючі й приїжджаючі автомобілі. Навіть там, де зупинка заборонена, короткочасні зупинки (незаконні) знижують імовірність використання смуги поблизу тротуару. У США на крайній смузі проїзної частини фіксується 60% всіх порушень правил дорожнього руху [20]. Паркування автомобілів з 2-х сторін вулиці – можуть різко знизити її пропускну здатність, тому що доводиться очікувати прийнятного інтервалу для об'їзду припаркованих автомобілів.

Пішоходи також впливають на інтенсивність руху. Навіть їх невелика кількість впливає на N , тому що вони переходять дорогу в дозволених і недозволених місцях. Чим більше пішоходів, тим більше їх вплив, особливо на не регульованих переходах [20].

У США й Англії розглядають N_{max} як функцію від ширини проїзної частини, незалежно від розмітки. В Австралії вважають N_{max} функцією від числа смуг незалежно від їхньої ширини (від 1,95 м. до 4,5 м.). Але ширина проїзної частини й розмітка звичайно ж впливають на N_{max} . При $N = N_{max}$ збільшення ширини на 0,3 м. дозволяє збільшити N_{max} на 40 авт./год. [20].

В роботі [6, 11] автори розглядають вплив впровадження одностороннього руху на інтенсивність по ділянкам транспортної мережі. Встановлено, що одnobічний рух (при певній ширині вулиці) ефективніше двостороннього на 10–20%.

3. Щільність транспортного потоку (q) – це кількість транспортних засобів, що приходить на одиницю довжини дороги в певний проміжок часу.

Вимірюється щільність потоку в авт./км. і змінюється в межах 0–200 авт./км. Максимальна щільність потоку досягається в тому випадку, якщо нерухомі автомобілі знаходяться впритул один до одного. Кожний транспортний засіб має різний динамічний габарит. Зі збільшенням щільності збільшується взаємовплив транспортних засобів у потоці, знижується можливість виконання маневрів і, як наслідок, знижується швидкість транспортного потоку [2, 11, 14, 20, 23].

Щільність транспортного потоку (ТП) характеризує умови руху в потоці. Природно, чим вище щільність, тим гірші умови, нижче швидкість, більше маневрування, вище ймовірність конфліктів і виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Деякі автори залежно від щільності класифікують умови руху ТП. Є кілька різних класифікацій, однак, найбільше поширення у світі одержала оцінка умов руху по рівням обслуговування [20], які визначаються з комплексу факторів, у т.ч. і по щільності транспортного потоку.

4. Швидкість руху – найважливіший параметр транспортного потоку. Вона визначає продуктивність дорожнього руху і є однією із двох його основних цільових функцій (першою є безпека руху) [20, 23]. Як відомо, швидкість вимірюється в км./год., або м./с. Швидкість руху, заміряна на даному відрізку шляху, називається просторовою, а заміряна в даний проміжок часу – тимчасова. Просторова швидкість, як правило, (близько 1%) нижче, ніж тимчасова, це пов'язане із способом виміру й обробки результатів.

Розрізняють кілька різновидів швидкості руху [6, 20]:

– миттєва, V – зафіксована на короткій ділянці дороги (20 – 50 м.) або в короткий проміжок часу (2 – 4 с.). Саме миттєва швидкість у вирішальному ступені впливає на безпеку руху – вона визначає кінетичну енергію автомобіля, а отже і його гальмівний шлях. Вона визначає шлях, пройдений за час реакції водія й спрацювання гальмового приводу, визначає час, наданий водієві для усвідомлення й оцінки дорожньої обстановки і прийняття відповідних рішень. Якщо ж аварія відбулась, то швидкість визначає характер і тяжкість наслідків.

– середня технічна, V_{tex} – це відношення пройденого шляху, без обліку зупинок і стоянок до втраченого часу. Ця швидкість має значною мірою характер тактичного планування – саме з такою швидкістю водієві пропонується (або він сам собі пропонує) рухатися в нормальних умовах. Наприклад, у місті – близько 60 км./год.; на заміських дорогах для легкових автомобілів – близько 90 км./год. Режим руху з цією швидкістю значною мірою визначають плановані (очікувані) показники продуктивності, витрати палива, зношування машини і та ін.;

– швидкість сполучення, V_c (або середня експлуатаційна) – це відношення пройденого шляху з урахуванням усіх зупинок і стоянок до втраченого часу. Саме ця швидкість визначає продуктивність і фактично є цільовою функцією дорожнього руху. Оскільки вона визначається одночасно й величиною V_{tex} і тривалістю стоянок-зупинок, тому й те, і інше, рівною мірою, є турботою водія й організатора дорожнього руху. Необхідно при цьому відзначити, що підвищення V_{tex} досягається при незмірно більших витратах і супроводжується незмірно більшою небезпекою, ніж зменшення тривалості зупинок і стоянок;

– максимальна швидкість, V_m – найбільша миттєва швидкість, що досягається транспортним засобом при нормальних умовах. У дорожньому русі ця швидкість для більшості автомобілів не має практичного значення, якщо, звичайно, вона не нижче встановлених загальних обмежень, наприклад, 90 км./год. Однак, вона має значення для тихохідних транспортних засобів – тракторів, сільськогосподарських машин і т. д. – які різко погіршують умови руху транспортного потоку й тому дуже небажані на навантажених дорогах;

– крейсерська швидкість, $V_{кр}$ – швидкість, з якою водії прагнуть їхати в даних умовах, при якій вони почувають себе комфортно. Якщо водія в даних умовах, змушують рухатися повільніше або (що буває рідко) швидше, чим він вважає потрібним, то він відчуває дискомфорт – дратується, утомлюється; стає агресивним, або навпаки, впадає в апатію; прагне увесь час вийти із цього стану, порушивши режим, що встановився, або втрачає інтерес до руху й

контроль над дорожньо-транспортною ситуацією. У кожному разі, рух у таких ситуаціях небезпечний через багаторазове зростання імовірності здійснення помилки водієм або його неготовності почати своєчасні дії у випадку виникнення небезпеки. Величина $V_{кр}$ залежить від умов руху – дорога, транспортний засіб, транспортно-пішохідне навантаження, регулювання, і мотивації водія;

- дозволена швидкість, $V_{доз}$ – швидкість руху, дозволена нормативами або технічними засобами регулювання на даній ділянці ВДМ;

- рекомендована, $V_{рек}$ – швидкість, з якої організатори руху рекомендують рухатися водієві на даній ділянці в даних умовах. Сьогодні ця рекомендація ні до чого не зобов'язує ні водія, ні організатора й тому часто є порожньою формальністю. Однак, якщо ввести відповідальність водіїв за невиконання рекомендацій у випадку аварії або інших колізій і не менш строгу відповідальність організаторів за обґрунтованість і корисність рекомендацій, то такому способу регулювання швидкісного режиму належить майбутнє;

- економічна швидкість, $V_{екн}$, – швидкість руху, при якій спостерігається мінімум економічних втрат, витрати палива, зношування шин і т.д.;

- безпечна швидкість, $V_{б}$ – швидкість руху, при якій водій у стані почати необхідні дії для запобігання аварії або іншої колізії. Очевидно, безпечна швидкість – поняття дуже умовне, оскільки гарантувати безпеку в дорожньому русі неможливо навіть при самій мінімальній швидкості. Тому, в поняття “безпека” вкладається зміст дуже малої ймовірності потрапляння в аварію.

- оптимальна швидкість, $V_{оп}$ (повинна бути обов'язкова вказівка за якими критеріями) – швидкість, при якій досягається деяка мета з найменшими витратами. Ця швидкість є невизначеною й залежить від постановки питання й підходів авторів. Якщо автором є інженер дорожнього руху, то погляди й підходи в нього опираються на суспільні втрати й можливості, а поняття оптимальної швидкості ставиться до системи дорожнього транспорту й майже не включає окремо взятого водія і його інтересів. Якщо ж автором

є окремих водій, то для нього поняття оптимальної швидкості наближається до поняття крейсерської, і це поняття в більшій мірі опирається на його персональну безпеку й продуктивність.

У літературі зустрічаються також й інші різновиди швидкості руху, наприклад, припустима. Очевидно, це найбільша швидкість руху одиночного автомобіля при забезпеченні умов безпеки руху, виходячи з видимості, рівності, стану й ширини проїзної частини.

Таким чином, з перерахованого ряду швидкостей руху три швидкості: миттєва, середня технічна й сполучення, мають чіткі границі й фізичний зміст.

На швидкість руху впливають багато факторів. Кожен водій має широкий вибір швидкостей, який залежить від його індивідуальних особливостей. При цьому, існують наступні закономірності [2, 6, 15, 20, 23, 24]:

- чим більше відстань поїздки, тим вище швидкість;
- чим більше пасажирів в автомобілі, тим менше швидкість.
- самотні й розведені їдуть швидше, ніж сімейні;
- жінки їдуть повільніше, чим чоловіки, хоча й незначно;
- які мають новий автомобіль їдуть швидше, чим, які мають неновий.

Для автомобілів встановлені такі закономірності [4, 6, 20]:

- легкові автомобілі рухаються швидше, ніж вантажні;
- автомобілі високого класу рухаються швидше, чим низького класу;
- вантажні автомобілі рухаються швидше автопоїздів;
- автобуси (комерційні) у рухаються швидше, ніж легкові автомобілі;
- нові автомобілі рухаються швидше не нових;
- найбільший розподіл швидкостей спостерігається в легкових автомобілів.

Дорожні умови також впливають на швидкість руху. На заміських дорогах високого класу й на швидкісних міських дорогах на швидкість руху впливають тільки геометричні параметри доріг. На міських вулицях впливають перехрестя, пішохідні переходи, припарковані транспортні засоби і т.д.

Очевидно, що вплив на швидкість має якість покриття, ширина смуг, радіуси повороту, відстань видимості, ширина й стан узбіч, висота бордюрного кам'яню й та ін.

5. Склад транспортного потоку характеризує співвідношення в ньому транспортних засобів різного типу [6, 20, 23]. Склад потоку визначається питомою вагою різних типів транспортних засобів. Різні типи транспортних засобів мають різні динамічні характеристики й габаритні параметри. Тому вони мають різний вплив на параметри руху транспортного потоку. Для порівняння різних типів транспортних засобів здійснюють їх приведення до умовного однорідного потоку, що складається з легкових автомобілів. Для цього використовуються коефіцієнти приведення різних типів транспортних засобів до легкового автомобіля. Для легкових автомобілів коефіцієнт приведення приймають рівним 1,0, для автобусів – 2,5, для автопоїздів – 3,5 і т.д. За допомогою коефіцієнтів приведення розраховують інтенсивність руху в приведених одиницях.

Слід відзначити, що склад транспортного потоку й коефіцієнти приведення K_n , є величинами випадковими, що змінюються у просторі і в часі. У літературі не наводять дані про розподіл складу потоку, подібно інтенсивності руху. У зв'язку з цим для оптимального регулювання дорожнього руху на заданій ділянці необхідно мати інформацію не тільки про зміни інтенсивності руху, але й про зміни складу потоку [20].

Існує класифікація, згідно з якою транспортний потік ділиться на три типи [20]:

- а) вантажний – понад 60% вантажних;
- б) легковий – понад 60% легкових;
- в) змішаний – від 40% до 60% вантажних.

Слід зазначити, що в розвинених європейських країнах у складі потоку близько 80 – 85% транспортних засобів становлять легкові автомобілі. На дорогах США легкові автомобілі становлять близько 88% [20].

6. Рівень завантаження дороги рухом – це відношення фактичної щіль-

ності потоку до максимальної [6, 20, 22].

Рівень завантаження визначається за формулою

$$\lambda = \frac{q_{\text{факт}}}{q_{\text{max}}}, \quad (1.14)$$

де $q_{\text{факт}}$ – фактична щільність потоку;

q_{max} – максимальна щільність потоку (щільність утворення затору).

Максимальна щільність потоку визначається за формулою [11]

$$q_{\text{max}} = 81 + 0,125 \cdot n_{\text{л}}, \quad (1.15)$$

де $n_{\text{л}}$ – частка легкових автомобілів у потоці, %.

Завдання

1. Розрахувати пропускну здатність вулиць із безперервним рухом та багатосмуговою проїзною частиною.
2. Визначити коефіцієнт завантаження дороги рухом.
3. Розрахувати щільність транспортних потоків.
4. Зробити висновки щодо роботи.

Вихідні дані

Дані про інтенсивності руху на ділянках мережі в приведених одиницях вибирають за варіантом з табл. А.1. У рамках даної роботи інтенсивність на одній дузі вважається однаковою в обох напрямках. Схема транспортної мережі представлена на рис. 1.7. Параметри транспортної мережі представлені в табл. А.2.

Вказівки до виконання завдання

Пропускнну здатність (P_k) вулиць з безперервним рухом та багатосмуговою проїзною частиною знаходять за формулою [2, 6, 14, 20, 22]

$$P_k = P_0 \cdot K_{\Pi}, \quad (1.16)$$

де P_k – пропускна здатність k -ї ділянки мережі, авт./год.;

P_0 – розрахункова пропускна здатність однієї смуги руху, авт./год.;

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує вплив кількості смуг на пропускну здатність. Значення коефіцієнта K_{Π} наведені в табл.1.5.

Таблиця 1.5

Залежність K_{Π} від кількості смуг руху [14]

Кількість смуг руху	1	2	3	4	5	6
K_{Π}	1,0	1,8	2,4	2,9	3,4	3,9

Кількість смуг на дугах транспортної мережі подана в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Кількість смуг на дугах мережі (в обидва напрямки)

Позначення дороги	4–5–6–7–8	2–6–10	1–5–9	3–7–11
Кількість смуг руху	6	6	4	2

Значення розрахункової пропускної здатності P_0 приймають 1000 авт./год. при умові забезпечення можливості маневрів у транспортному потоці та $P_0 = 1200$ авт./год. при відсутності в потоці змін смуг руху [20].

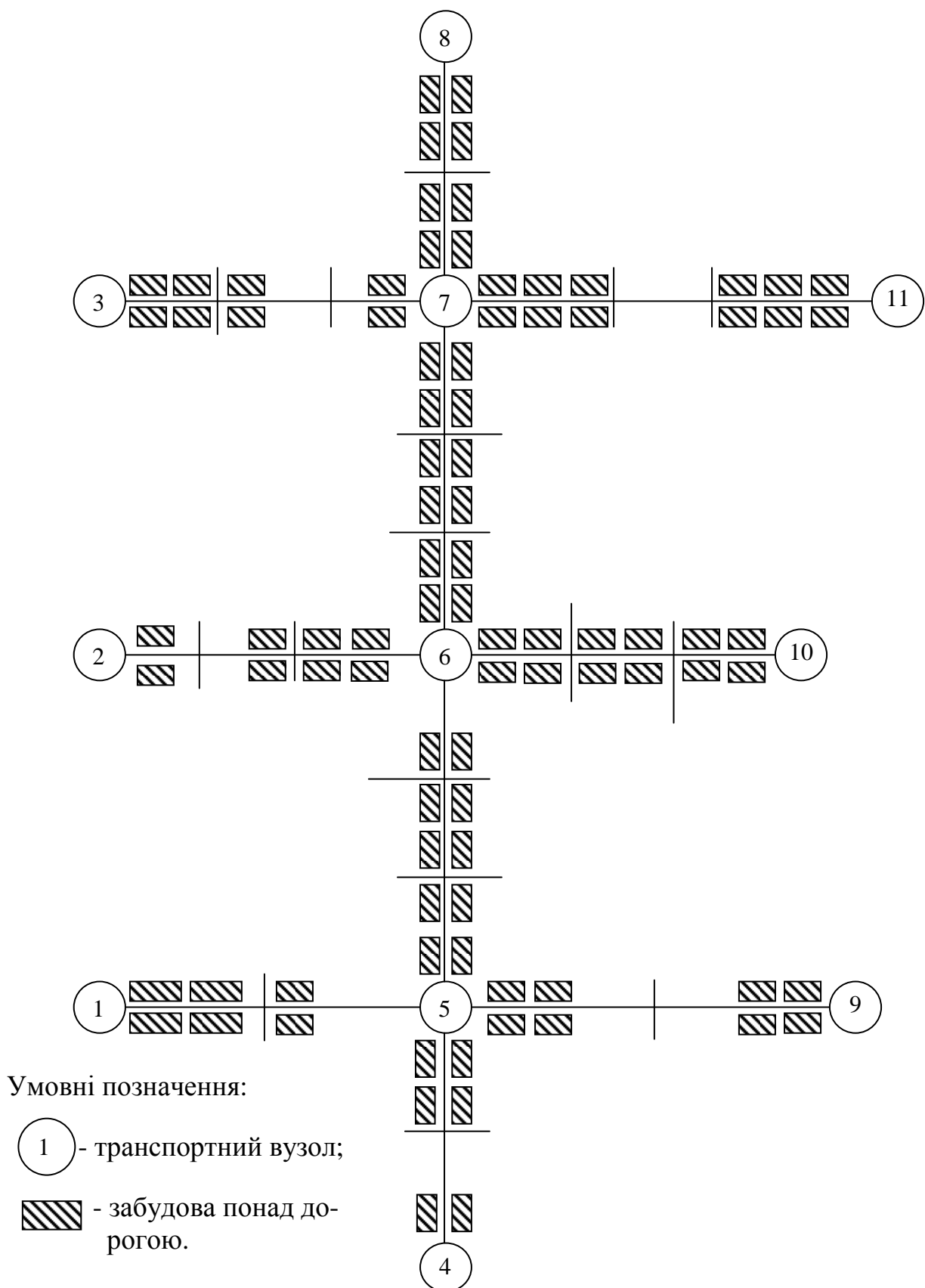


Рис. 1.7 – Схема транспортної мережі

Коефіцієнт завантаження дороги рухом K_3 визначають за формулою [20]

$$K_3 = \frac{N_k^{np}}{P_k} \quad (1.17)$$

де N_k^{np} – інтенсивність руху на k -й ділянці мережі в приведених одиницях, авт./год.

Щільність транспортних потоків q на ділянках мережі розраховують за формулою [6, 20, 23]

$$q = \frac{N}{V \cdot n}, \quad (1.18)$$

де V – швидкість потоку, км./год. Значення обирають за варіантом з табл. А.3;

n – кількість смуг руху в даному напрямку.

Характеристики дорожнього руху визначають для кожної ділянки транспортної мережі за даними матриці кореспонденцій (табл. А.4), враховуючи склад транспортних потоків (табл. А.5).

Інтенсивність руху на ділянках мережі у фізичних одиницях визначають за формулою

$$N_k = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (1.19)$$

де N_k – інтенсивність руху на k -й ділянці мережі, авт./год.;

n – кількість вузлів відправлення кореспонденцій, які рухаються через k -ділянку;

Q_i – кількість кореспонденцій, які відправляються з i -го вузла мережі.

Інтенсивність руху у приведених одиницях визначають за допомогою коефіцієнтів приведення

$$N_k^{np} = N_k \cdot \sum_{j=1}^z d_j \cdot K_{npj}, \quad (1.20)$$

де N_k^{np} – інтенсивність руху на k -й ділянці мережі у приведених одиницях, авт./год.;

z – кількість видів транспортних засобів у транспортному потоці;

d_j – питома вага j -го виду транспортних засобів у потоці;

K_{npj} – коефіцієнт приведення j -го виду транспортних засобів до легкового автомобіля (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Значення коефіцієнтів приведення [11]

Найменування транспортних засобів	Коефіцієнт приведення, K_{npj}
1. Легкові автомобілі	1,0
2. Вантажні автомобілі ($g_n < 4$ т.)	2,0
3. Вантажні автомобілі ($g_n = 4-8$ т.)	2,5
4. Вантажні автомобілі ($g_n > 8$ т.)	3,0
5. Автобуси	2,5
6. Тролейбуси	3,0
7. Автопоїзди ($g_n < 12$ т.)	3,5

Наприклад інтенсивність руху у приведених одиницях для ділянки 1–3 становить:

$$\sum_{j=1}^z d_j \cdot K_{npj} = 0,6 \cdot 1 + 1,5 \cdot 0,14 + 0,08 \cdot 2 + 0,05 \cdot 2,5 + 0,03 \cdot 2,5 + 0,06 \cdot 3 + 0,04 \cdot 3,5 = 1,49;$$

$$N_{1-3}^{np} = 750 \cdot 1,49 = 1118.$$

Тоді значення пропускної здатності, коефіцієнта завантаження дороги рухом, щільності транспортних потоків для ділянки транспортної мережі 1–3 згідно схеми (рис. 1.7) становить:

$$P_{1-3} = 1000 \cdot 1,8 = 1800;$$

$$K_{31-3} = \frac{1118}{1800} = 0,62;$$

$$q_{1-3} = \frac{1118}{2 \cdot 42,3} = 14.$$

Аналогічно за формулами (1.16–1.20) виконують розрахунки приведеної інтенсивності транспортних потоків, пропускної здатності, коефіцієнта завантаження дороги рухом, щільності транспортних потоків для інших ділянок транспортної мережі. Результати представляють у виді підсумкової табл. 1.8.

Таблиця 1.8

Результати розрахунків параметрів ділянок транспортної мережі

Ділянка	Кількість смуг в одному напрямку	Інтенсивність руху у фізичних одиницях, авт./год.	Інтенсивність руху у приведених одиницях, авт./год.	Пропускна здатність, авт./год.	Коефіцієнт завантаження дороги рухом	Щільність транспортного потоку, авт./км.
1	2	3	4	5	6	7
1–3	2	750	1118	1800	0,62	14
2–4	2	60	89	1800	0,05	2
3–4	3	295	440	2400	0,18	4
3–8	3	693	1033	2400	0,43	9
4–5	3	522	778	2400	0,32	7
4–9	3	613	913	2400	0,38	8
5–6	2	53	79	1800	0,04	1
5–10	1	217	323	1000	0,32	8
7–8	2	870	1296	1800	0,72	16
8–9	2	1011	1506	1800	0,84	18

Продовження табл. 1.8

1	2	3	4	5	6	7
8–12	3	6	9	2400	0,004	1
9–10	2	921	1372	1800	0,76	17
9–13	1	653	973	1000	0,97	24
10–11	2	711	1059	1800	0,59	13
12–13	1	17	25	1000	0,025	1
3–1	2	798	1189	1800	0,66	15
4–2	2	47	70	1800	0,04	1
4–3	3	742	1106	2400	0,46	9
8–3	3	424	632	2400	0,26	5
5–4	3	508	757	2400	0,32	6
9–4	3	1005	1497	2400	0,62	12
6–5	2	30	45	1800	0,03	1
10–5	1	222	331	1000	0,33	8
8–7	2	801	1193	1800	0,66	15
9–8	2	866	1290	1800	0,72	16
12–8	3	12	18	2400	0,01	1
10–9	2	908	1353	1800	0,75	16
13–9	1	872	1299	1000	1,3	31
11–10	2	869	1295	1800	0,72	16
13–12	1	11	16	1000	0,017	1

Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Що розуміється під пропускнуою здатністю вулиць із безперервним рухом та багатосмуговою проїзною частиною?
2. Що розуміється під коефіцієнтом завантаження дороги рухом?
3. Що розуміється під щільністю транспортних потоків?
4. Що розуміється під інтенсивністю руху транспортного потоку?
5. Що розуміється під транспортною мережею?

1.3. Визначення кількості замірів для забезпечення необхідної точності й надійності результатів

Мета: набуття навичок з розрахунку швидкості транспортного потоку і визначення необхідної кількості замірів для забезпечення необхідної точності й надійності результатів.

Теоретична частина

При експериментальному дослідженні дорожнього руху важливо забезпечити достатній об'єм інформації для об'єктивної оцінки параметра, що вивчається. Разом з тим перед дослідником завжди стоїть завдання виконати спостереження з найменшими витратами часу і засобів. Тому необхідним є обґрунтування достовірності експериментальної вибірки, тобто необхідного числа вимірювань спостережуваного параметра. Наприклад при замірі та оцінці результатів заміру миттєвої швидкості транспортного потоку оцінюються її значення [23]:

- окремо для напрямків і смуг руху, типів транспортних засобів;
- окремо для 5- та 15-хвилинних інтервалів або цілих годин, в залежності від того, для якої мети проводиться дослідження.

Вибір величини інтервалів, по яких потрібно розсортувати заміряні дані, залежить від мети, для якої будуть використані результати. Зазвичай обирається інтервал 5-10 км./год. і після вибраковування всього обсягу даних підраховуються усі величини. Будуються гістограми та сумарні криві миттєвих швидкостей транспортного потоку.

Миттєві швидкості транспортних засобів по площі перехрестя визначаються при перевірці часу звільнення перехрестя, керованого світлофорною сигналізацією. При цьому важливе значення має той факт, на якій позиції знаходиться транспортний засіб перед стоп-лінією і, якщо при загорянні зе-

леного (червоно-жовтого) сигналу він починає рух з нульової або конкретної величини швидкості.

Важливим показником при вимірі швидкості є діапазон довірчого інтервалу, що залежить від розмаху значень спостережуваного показника і числа спостережень. Довірчі межі встановлюють виходячи із значення функції, яка характеризує ступінь необхідної надійності досліджуваного параметра. Це значення (при нормальному розподілі значень показника, що характерний для більшості технічних вимірювань) показує число середньоквадратичних відхилень, які потрібно відкласти праворуч і ліворуч від центру розсіювання (середнього значення) для того, щоб забезпечити вірогідність попадання довірчої вірогідності в отриману межу [8].

Завдання

1. Розрахувати швидкість транспортного потоку.
2. Визначити необхідний обсяг вибірки.
3. Розрахувати середнє квадратичне відхилення.
4. Визначити крайню дозвільну помилку.
5. Зробити висновки по роботі.

Вихідні дані

Дані про швидкість потоку вибирають за варіантом з табл. А.6. Дані про задану імовірність й точність обліку з табл. А.7.

Вказівки до виконання завдання

Швидкість транспортного потоку розраховують за матеріалами обстеження, які подані в табл. А.6:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{j=1}^n V_j}{n}, \quad (1.21)$$

де V_i – швидкість потоку в i -му замірі, км./год.;

n – кількість замірів.

Наприклад для варіанту № 3 середнє значення швидкості транспортного потоку становить:

$$\bar{V} = \frac{44 + 43 + 45 + 41 + 41 + 43 + 41 + 43 + 42 + 40 + 43 + 42}{12} = 42,3.$$

Після цього треба зробити висновок, чи достатньо проведеної кількості замірів для забезпечення необхідної точності й надійності результатів. Необхідний обсяг вибірки розраховують за формулою [24]

$$n_{\text{номр}} = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot \sigma^2}{\eta^2}, \quad (1.22)$$

де t_{α} – функція довірчої імовірності;

σ – середнє квадратичне відхилення, км./год.;

η – крайня дозвільна помилка, км./год.

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(V_j - \bar{V})^2}{n}}, \quad (1.23)$$

$$\eta = \Delta \cdot \bar{V}, \quad (1.24)$$

де Δ – відносна точність обліку (табл. А.7).

Значення функції довірчої імовірності t_{α} обирають залежно від довірчої імовірності α (табл. 1.9).

Таблиця 1.9

Значення функції довірчої імовірності [24]

Довірча імовірність α	0,8	0,9	0,95
Функція довірчої імовірності t_α	1,28	1,65	1,96

Якщо $n > n_{\text{нотр}}$, можна зробити висновок, що проведеної кількості замірів достатньо для забезпечення необхідної надійності результатів.

Наприклад для значень швидкості транспортного потоку за матеріалами обстежень необхідна кількість замірів становить:

$$n_{\text{нотр}} = \frac{1,28^2 \cdot 1,37^2}{4,23^2} = 0,17 \Rightarrow 1;$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{2,89 + 0,49 + 7,29 + 1,69 + 1,69 + 0,49 + 1,69 + 0,49 + 0,09 + 5,29 + 0,49 + 0,09}{12}} = 1,37;$$

$$\eta = 0,10 \cdot 42,3 = 4,23.$$

Отже за результатами розрахунків відомо, що кількість замірів достатньо в кількості чотирьох одиниць.

Питання для самоперевірки та контролю знань:

1. Що розуміється під швидкістю транспортного потоку?
2. Які критерії проведення експериментального дослідження?
3. За яким критерієм можна визначити чи достатня кількість замірів?
4. Як розрахувати необхідний обсяг вибірки?
5. Що розуміється під середньоквадратичним відхиленням?

1.4. Розрахунок пропускної здатності магістралі і рівня її завантаження

Мета: Набуття навичок з розрахунку пропускної здатності магістралі і оцінки рівня завантаження.

Теоретична частина

Пропускна здатність проїзної частини визначається кількістю смуг руху і пропускною здатністю кожної з них, характером руху на магістралі (безперервне або регульоване). Розрахунок пропускної здатності при змішаному по структурі потоці проводиться в приведених одиницях.

Теоретична пропускна здатність однієї смуги руху (P_m) визначається за формулою [5, 20]

$$P_m = \frac{3600 \cdot V}{L}, \quad (1.25)$$

де V – швидкість руху потоку, м./с., приймається залежно від класу магістралей, при цьому слід враховувати, що фактичні швидкості потоку на 15–20 % нижче за розрахункові швидкості одиночного автомобіля (табл. 1.10), [5];

L – величина динамічного габариту, м. (динамічний габарит – мінімальна відстань між передніми бамперами рухомих один за одним автомобілів, що забезпечує безпеку руху [6]).

Найбільші і найменші (допустимі для даної категорії вулиць і доріг) розрахункові швидкості відповідають нормальним (нове будівництво, рівнинна місцевість) і складним (реконструкція, пересічна або гірська місцевість) умовам трасування вулиць і доріг [2].

Розрахункові швидкості руху залежно від категорії магістралей [5]

Категорія дороги і вулиць	Розрахункова швидкість руху, км./год. макс./мін.	Швидкість автомобілів у потоці, км./год., макс./мін.
Магістральні дороги		
Швидкісного руху	120/80	90/60
Регульованого руху	80/60	60/45
Магістральні вулиці загальноміського значення		
Безперервного руху	100/75	75/55
Регульованого руху	80/60	60/45
Магістральні вулиці районного значення		
Транспортно-пішохідні	70/50	50/35
Пішохідно-транспортні	50/35	35/25

Розрахунок пропускної здатності ведеться за умови неможливості переходу на суміжну смугу при повному використанні пропускної здатності проїзної частини. У цих умовах величина L визначається з використанням третьої групи спрощених динамічних моделей руху за формулою [5]

$$L = t_p \cdot V + (l'_z - l'_z) + l_\delta + l_a, \quad (1.26)$$

де t_p – час реакції водія від початку гальмування переднього автомобіля до початку гальмування заднього автомобіля. За даними спостережень $t_p=0,60-0,83$ с. З урахуванням часу спрацювання гальмівної системи приймається для розрахунку $t_p = 1$ с. [5, 21];

l'_z – гальмівний шлях переднього автомобіля, м.;

l''_z – гальмівний шлях заднього автомобіля, м;

l_δ – відстань безпеки між транспортними засобами, що зупинилися (приймається рівною 2 м.) [5];

l_a – довжина автомобіля (приймається 5 м.) [5].

Якщо використовувати основне рівняння руху автомобіля для розрахунку гальмівних шляхів переднього і заднього автомобілів для горизонтальної

ділянки шляху, то формула визначення теоретичної пропускної здатності однієї смуги набуває виду [5]

$$P = \frac{3600 \cdot V}{t_p + \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{f_k + \frac{Q_T}{Q} \varphi \pm i} - \frac{1}{f_k + \varphi \pm i} \right) + l_o + l_a}, \quad (1.27)$$

де g – прискорення вільного падіння, $9,8 \text{ м./с.}^2$;

f_k – коефіцієнт опору коченню, визначається залежно від типу дорожнього покриття і механічних властивостей робочої поверхні колеса (табл. 1.11);

φ – коефіцієнт зчеплення, залежить від стану дорожнього покриття, типу покриття, стану поверхні коліс (приймається з табл. 1.12);

$\frac{Q_T}{Q}$ – відношення зчіпної ваги автомобіля до повного, рівне 0,6 [5];

i – подовжній ухил, виражений десятковим дробом і приймається із знаком (+) при русі на підйом і з знаком (–) при русі на спуск.

Таблиця 1.11

Коефіцієнт опору коченню [2]

Тип дорожнього покриття	Коефіцієнт
Асфальтобетон і цементобетон	0,01–0,02
Чорне щебенеve	0,02–0,025
Біле щебенеve	0,03–0,05
Бруківка	0,04–0,05

При визначенні пропускної здатності, наприклад для несприятливих умов руху рекомендується приймати при $V \leq 60 \text{ км./год.}$ [7]:

- коефіцієнт зчеплення $\varphi = 0,2$;
- коефіцієнт опору коченню $f_k = 0,02$.

Таблиця 1.12

Коефіцієнт зчеплення [7]

Стан поверхні дороги	Коефіцієнт f_k
Суха і чиста	0,6–0,7
Волога і брудна	0,3–0,4
Слизька	0,2–0,3
Що обледеніла	0,1–0,2

При підстановці у формулу вказаних вище значень отримаємо спрощену формулу для прямих горизонтальних ділянок дороги [5]

$$P = \frac{3600 \cdot V}{V + 7 + 0,13V^2}, \quad (1.28)$$

При швидкості вище 60 км./год. слизька поверхня проїзної частини, що обледеніла, практично не забезпечує рух з високими швидкостями і не відповідає вимогам безпеки руху. Тому при розрахунковій швидкості потоку, що перевищує 60 км./год., слід приймати стан поверхні проїзної частини, що забезпечує коефіцієнт зчеплення $\varphi = 0,3$ [5]. За таких умов ($V > 60$ км./год. = 0,3, $f_k = 0,02$) розрахунок пропускної здатності виконується за формулою [5]

$$P = \frac{3600 \cdot V}{V + 7 + 0,10V^2}, \quad (1.29)$$

Пропускна здатність багатосмугової проїзної частини (P_{σ}) визначається з урахуванням розподілу транспортних засобів по смугах:

а. Змішаний або однорідний потік [5]:

$$P_{\sigma} = P \cdot \gamma \cdot \alpha, \quad (1.30)$$

де γ – коефіцієнт багатосмуговості, приймають залежно від числа смуг руху в одному напрямі (n) [14]: $n = 1, \gamma = 1,0$; $n = 2, \gamma = 1,9$; $n = 3, \gamma = 2,7$; $n = 4, \gamma = 3,5$;

α – коефіцієнт, що враховує зниження пропускної здатності за рахунок світлофорного регулювання.

Коефіцієнт α визначають за формулою [5]

$$\alpha = \frac{T_1}{T_2} = \frac{L_n}{L_n + \frac{V^2}{2} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \Delta t \cdot V}, \quad (1.31)$$

де T_1 – теоретичний час проходження автомобілем відстані між перехрестями з розрахунковою швидкістю без затримок, хв.;

T_2 – розрахунковий час проходження автомобілем тієї ж відстані з урахуванням затримки перед перехрестям, часу на розгін і гальмування, хв.;

L_n – відстань між перехрестями, м.;

a – прискорення при розгоні ($1,0 \text{ м./с.}^2$) [5];

b – уповільнення при гальмуванні ($1,5 \text{ м./с.}^2$) [5];

Δt – середня затримка автомобілів перед світлофором.

Середня затримка автомобілів перед світлофором має вид [13]

$$\Delta t = \frac{T_u - t_3}{2}, \quad (1.32)$$

де T_u – тривалість циклу регулювання, с.;

t_3 – тривалість зеленої фази, с.

Наприклад, при середній затримці транспортних засобів у світлофора $\Delta t = 16,5 \text{ с.}$ (при $T = 60 \text{ с.}$, $t_3 = 27 \text{ с.}$) пропускна здатність знижується при довжині перегону 400 м. на 55 % при швидкості потоку 60 км./год. і на 49 % при швидкості 50 км./год. Для магістралей швидкісного і безперервного руху коефіцієнт $\alpha = 1$ [5].

б. Передбачена спеціалізація смуг по видах транспорту. В цьому випадку пропускна здатність і рівень завантаження розраховується роздільно для

смуг руху, призначених для кожного виду транспортних засобів. Пропускна здатність всієї проїзної частини магістралі визначається підсумовуванням пропускної здатності смуг, виділених для кожного виду транспорту ($\sum P_i$). Для попередніх розрахунків пропускну здатність однієї смуги проїзної частини вулиць і доріг допускається приймати за рекомендаціями (табл. 1.13.), [5].

Таблиця 1.13

Пропускна здатність однієї смуги руху проїзної частини [5]

Транспортні засоби	Інтенсивність руху в приведених одиницях за 1 год.		
	При перетинах в різних рівнях		При перетині в одному рівні
	На швидкісних дорогах	На магістральних вулицях безперервного руху	
Легкові автомобілі	1200–1500	1000–1200	600–700
Вантажні автомобілі	600–800	500–650	300–400
Автобуси	200–300	150–250	100–150
Тролейбуси	–	110–130	70–90

Завдання

1. Розрахувати інтенсивність руху в приведених одиницях;
2. Визначити теоретичну пропускну здатність;
3. Визначити практичну пропускну здатність;
4. Визначити потрібну ширину проїзної частини;
5. Зробити висновки по роботі.

Вихідні дані

Клас вулиці – магістральна вулиця загальноміського значення регульованого руху. Існуюча інтенсивність руху в годину «пік» (N_i):

- вантажні автомобілі – 80 авт./год. (вантажопідйомність 2–5 т);
- легкові автомобілі – 450 авт./год.;
- автобуси – 40 авт./год.;

- автобуси зчленовані – 20 авт./год.;
- тролейбуси – 20 авт./год.;
- мотоцикли – 60 авт./год.

Відстані між регульованими перехрестями $L_n = 600$ м.

Режим регулювання $T_{\text{ц}} = 60 \text{ с.} = 27 + 3 + 27 + 3 \text{ с.}$

Величина прискорення $a = 1 \text{ м./с.}^2$

Величина гальмування $b = 1,5 \text{ м./с.}^2$

Кількість смуг руху в одному напрямі $n = 2$.

Швидкість потоку $V = 60 \text{ км./год.}$

Вказівки до виконання завдання

Ступінь використання пропускної здатності вулиці (дороги) характеризується відношенням інтенсивності потоку ($N_{\text{існ}}$) до пропускної здатності проїзної частини ($P_{\text{б}}$) [5]

$$Z = \frac{N_{\text{існ}}}{P_{\text{б}}} . \quad (1.33)$$

При рівні завантаження $Z = 0,3 - 0,45$ спостерігається найбільш стійкий за характеристиками руху стан потоку. Зміна смуг руху практично не обмежена. Чим ближче значення Z до 1, тим вище щільність транспортного потоку, нижче швидкість, складніші умови руху. При рівні завантаження $Z \geq 0,8$ спостерігається граничне насичення потоку, рух потоку нестійкий, постійно утворюються затори, зміна смуг ускладнена, середня швидкість складає 10–12 км./год., зростають транспортні витрати. Експлуатація вулиць при такому рівні завантаження недоцільна. При $Z = 1$ утворюється затор руху. Тому при рівні завантаження $Z \geq 0,8$ пропускна здатність вулиць практично вичерпана [20].

Ширина проїзної частини визначається залежно від класу магістралей, нормативної ширини однієї смуги руху, максимальної годинної інтенсивності і пропускної здатності однієї смуги руху.

Загальну ширину проїзної частини (B) визначають за формулою [5]

$$B = 2 \cdot b_n \cdot n + 2d, \quad (1.34)$$

де b_n – нормативна ширина однієї смуги руху, м.;

n – кількість смуг руху в одному напрямі;

d – ширина запобіжної смуги між проїзною частиною і бордюрним каменем, м.

Ширина запобіжних смуг приймається на магістральних дорогах швидкісного руху рівною 1,0 м., на магістральних вулицях безперервного руху – 0,75 м. і на загальноміських магістральних вулицях регульованого руху – 0,5м. з обох боків проїзних частин для кожного напрямку руху, а також з обох боків центральної розділової смуги, якщо вона має бордюрний камінь [20]. Значення величин b_n приймають відповідно до класу магістралей [5]

Кількість смуг руху визначають в наступній послідовності:

а) визначають орієнтовну кількість смуг руху за формулою [5]

$$n = \frac{N_{розр}}{P_m \cdot \alpha \cdot Z}, \quad (1.35)$$

де $N_{розр}$ – максимальна годинна інтенсивність руху на розрахунковий термін в одному напрямку в приведених одиницях;

P_m – теоретична пропускна здатність однієї смуги руху;

α – коефіцієнт зниження пропускної здатності за рахунок світлофорного регулювання;

Z – рівень завантаження магістралі, що рекомендується.

Розрахунки для найбільших міст показують, що економічно доцільною при 10-річній віддаленості прогнозу є перспективна інтенсивність руху не більше 0,5, при 20-річній віддаленості – не більше 0,8 від пропускної здатності. Ці рівні завантаження рухом (Z) рекомендується приймати за розрахункові при проектуванні міських вулиць і доріг [21].

За відсутності даних про перспективну інтенсивність для магістралей $N_{розр}$, що реконструюються, може бути визначена на основі існуючої інтенсивності $N_{існ}$ з урахуванням тенденції збільшення рівня автомобілізації за формулою [5]

$$N_{розр} = N_{існ} (1 + q)^t, \quad (1.36)$$

де q – коефіцієнт щорічного приросту інтенсивності руху (в середньому у містах щорічний приріст руху складає 3–5 %, тобто $q = 0,03–0,05$) [14];

t – розрахунковий термін прогнозування.

ВДМ міста проектують на перспективну інтенсивність руху. Віддаленість цієї перспективи визначається стадійністю проектування. При розробці генплану міста розрахунковий термін приймають не менше 20 років, комплексна транспортна схема визначає напрям розвитку міста на 10–15 років. При робочому проектуванні використовують дані перспективної інтенсивності 5–20-річної віддаленості [14]. Дороги міських вулиць розраховують на рух, який очікується до кінця терміну до чергового капітального ремонту.

б) перевіряють достатність прийнятої кількості смуг руху з урахуванням коефіцієнта багатосмуговості [14]

$$N_{розр} \Leftarrow P_m \cdot \alpha \cdot Z \cdot \gamma, \quad (1.37)$$

де α – коефіцієнт багатосмуговості, приймають залежно від числа смуг руху в одному напрямку.

При невиконанні умови (1.37) необхідно збільшити заздалегідь прийняте число смуг на одну.

в) кількість смуг руху, розраховано вище з умов безпеки пропуску транспортного потоку. Їх порівнюють з найменшим числом смуг, що рекомендуються залежно від класу магістралі (табл. 1.14).

Таблиця 1.14

Розрахункові параметри вулиць і доріг міст [5]

Категорія дороги і вулиць	Розрахункова швидкість руху, км./год.	Ширина смуг руху, м.	Число смуг руху в 2-х напрямках
Магістральні дороги			
Швидкісного руху	120	3,75	4–8
Регульованого руху	80	3,50	2–6
Магістральні вулиці			
Загальноміського значення безперервного руху	100	3,75	4–8
Регульованого руху районного значення	80	3,50	4–8
Транспортно-пішохідні	70	3,50	2–4
Пішохідно-транспортні	50	4,00	2
Вулиці і дороги місцевого значення	40	–	–
Вулиці в житловій забудові	40 30	3,00 3,00	2–3* 2
Вулиці і дороги науково-виробничих, промислових і комунально-складських районів	50	3,50	2–4
	40	3,50	2
Паркові дороги	40	3,00	2

*Примітка: * З урахуванням використання однієї смуги для стоянок легкових автомобілів.*

Приклад розрахунку пропускної здатності магістралі і рівня завантаження.

а) існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях:

$$N_{icn} = \sum N_i \cdot K_i, \quad (1.38)$$

де K_i – коефіцієнти приведення до легкового автомобіля.

$$N_{icn} = 80 \cdot 2 + 450 \cdot 1 + 40 \cdot 2,5 + 20 \cdot 4 + 20 \cdot 3 + 60 \cdot 0,5 = 880.$$

б) теоретична пропускна здатність однієї смуги при:

$$V = 60 \text{ км./год.} = 16,7 \text{ м./с.}$$

$$P_m = \frac{3600 \cdot 16,7}{7 + 16,7 + 0,13 \cdot 16,7^2} = 1009.$$

Висновок: пропускна здатність не вичерпана.

в) вплив світлофорного регулювання:

$$\alpha = \frac{600}{600 + \frac{16,7^2}{2} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1,5} \right) + 16,7 \frac{60 - 27}{2}} = 0,66.$$

г) пропускна здатність багатосмугової проїзної частини:

$$P_{\phi} = 1009 \cdot 1,9 \cdot 0,66 = 1265.$$

д) рівень завантаження магістралі:

$$Z = \frac{N_{icn}}{P_{\phi}} = \frac{880}{1265} = 0,7 < 0,8.$$

Приклад розрахунку ширини проїзної частини на розрахунковий термін.
Розрахунковий термін – 15 років. Послідовність розрахунку:

а) розрахункова інтенсивність руху:

$$N_{розр} = 880 \cdot (1 + 0,03)^{15} = 1371.$$

б) швидкість потоку на перспективу складе

$$V = 0,8 \cdot 80 = 64 \text{ км./год.} = 17,8 \text{ м./с.}$$

в) теоретична пропускна здатність однієї смуги:

$$P_m = \frac{3600 \cdot 17,8}{7 + 17,8 + 0,1 + 17,8^2} = 1134.$$

г) вплив світлофорного регулювання:

$$\alpha = \frac{600}{600 + \frac{17,8^2}{2} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1,5} \right) + 17,8 \frac{60 - 27}{2}} = 0,52.$$

Приймаємо три смуги руху в одному напрямку.

д) визначення кількості смуг руху:

$$n = \frac{1371}{1134 \cdot 0,52 \cdot 0,8} = 2,91.$$

е) перевірка пропускної здатності з урахуванням коефіцієнта багато-
смуговості:

$$P_{\sigma} = 1134 \cdot 0,52 \cdot 0,8 \cdot 2,7 = 1274 < 1371.$$

Висновок: умова не виконується. При отриманій розрахунковій інтенсивності необхідно мати по 4 смуги руху в кожному напрямку. Відповідно до [21] найменша кількість смуг руху в двох напрямках для даного класу магістралі складає 4 од. в двох напрямках, найбільше – 8 од. Приймаємо для розрахунку ширину проїзної частини по 4 смуги в кожному напрямку. Ширина проїзної частини в двох напрямках складе:

$$B = 2 \cdot 3,50 \cdot 4 + 2 \cdot 0,50 = 29 .$$

Питання для самоперевірки та контролю знань:

1. Що розуміють під теоретичною пропускною здатністю?
2. Як коефіцієнт зчеплення впливає на пропускну здатність?
3. Як визначають практичну пропускну здатність?
4. Які існують категорії вулиць і доріг?
5. Що розуміють під динамічним габаритом транспортного засобу?

2. АВТОМОБІЛЬ І ПАРАМЕТРИ РУХУ

2.1. Визначення гальмівних властивостей автомобілів

Мета – набуття навичок з визначення гальмівних властивостей автомобілів.

Теоретична частина

Гальмові властивості автомобіля характеризують можливість здійснення вповільнення необхідної інтенсивності й утримання транспортного засобу на ухилах.

Рівняння руху автомобіля при гальмуванні має вид [2]:

$$P_j = P_T + P_w + P_i + P_f, \quad (2.1)$$

де P_j – сила інерції;

P_T – гальмівна сила;

P_w – сила опору повітря;

P_i – сила опору руху на підйом;

P_f – сила опору коченню.

$$P_j = j \cdot G, \quad (2.2)$$

де j – відносне сповільнення автомобіля;

G – сила ваги автомобіля.

$$P_T = \gamma_T \cdot G, \quad (2.3)$$

де γ_T – коефіцієнт гальмової сили.

На рис. 2.1 представлено засоби безпеки автомобіля і його параметри.

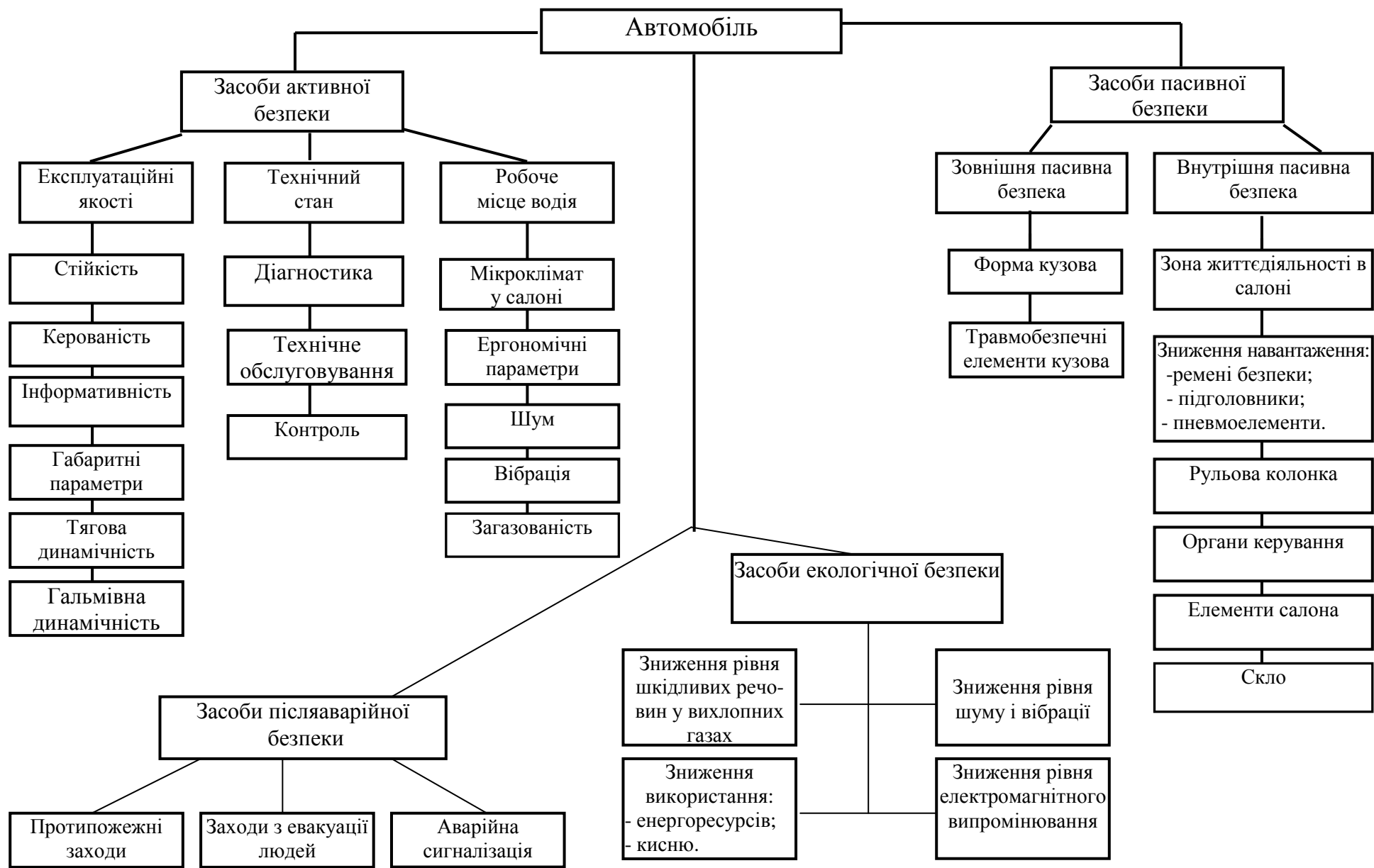


Рис. 2.1 - Засоби і параметри безпеки автомобіля

Коефіцієнт гальмової сили дорівнює відношенню суми гальмівних сил, що виникають на всіх колесах до ваги автомобіля. Він залежить від конструктивних особливостей гальмівної системи і її стану, інтенсивності гальмування водієм. На значення коефіцієнта гальмівної сили впливає рівність покриття, тому що при нерівному покритті виникають коливання і як результат – зменшення тиску на дорогу.

Силою опору повітря при гальмуванні можна зневажати.

$$P_i = i \cdot G, \quad (2.4)$$

де i – поздовжній ухил дороги.

$$P_f = f \cdot G, \quad (2.5)$$

де f – коефіцієнт опору коченню.

Якщо підставити в рівняння руху автомобіля при гальмуванні вираження для сил, наведені вище, одержимо співвідношення [2]

$$j = \gamma_T \pm i + f. \quad (2.6)$$

Гальмові властивості автомобіля характеризуються гальмівним і зупиночним шляхом. Зупиночний шлях – це відстань, яку проходить автомобіль від моменту появи небезпеки до повної зупинки. Гальмівний шлях – це частина зупиночного шляху, який проходить автомобіль від моменту початку гальмування до повної зупинки [2].

Розглянемо процес екстреного гальмування автомобіля (рис. 2.2). Час реакції водія (t_p) становить 0,6..0,8 с. у місті; 1,5..2 с. – за містом. Приймають t_p у середньому 0,8 с., що відповідає оптимальним умовам роботи 50% водіїв [12].

Час спрацьовування гальмівного приводу (t_c) становить 0,1 с. для гідравлічних гальмових систем; 0,2..0,4 с. – для пневматичних [12].

Час наростання гальмівного зусилля (t_n) становить 0,2..0,4 с. для гідравлічних гальмових систем; 0,6..1 с. – для пневматичних [12].

Для визначення гальмівного шляху скористаємося співвідношенням між швидкістю, прискоренням і відстанню при рівносповільненому русі. При рівномірно вповільненому русі швидкість рівна [24]:

$$v = \sqrt{2aS_z}, \quad (2.7)$$

де v – початкова швидкість руху автомобіля, км./год.;

a – абсолютне значення прискорення гальмування, м./с.²;

S_z – гальмівний шлях автомобіля.

Відносне прискорення визначається за формулою [24]

$$j = \frac{a}{g}. \quad (2.8)$$

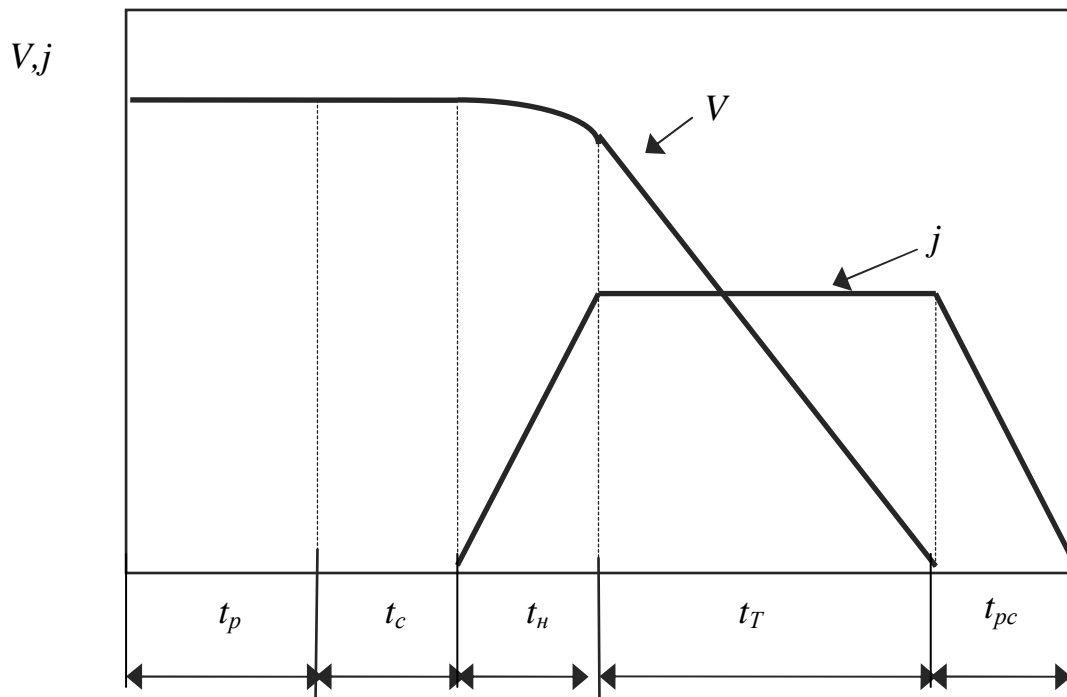
Тоді абсолютне прискорення [7]

$$a = j \cdot g = g \cdot (\gamma_T \pm i + f), \quad (2.9)$$

Тоді

$$S_z = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2g(\gamma_T \pm i + f)}. \quad (2.10)$$

Звичайно виходять із найнебезпечнішого випадку, – гальмування з повним блокуванням коліс і приймають $\gamma_T = \varphi_{cy}$ (φ_{cy} – коефіцієнт зчеплення в поздовжній площині).



де t_p – час реакції водія;

t_c – час спрацьовування гальмівного приводу;

t_n – час наростання гальмівного зусилля;

t_T – час гальмування з максимальною ефективністю;

t_{pc} – час розгальмовування;

V – швидкість руху автомобіля;

j – відносне вповільнення автомобіля.

Рис. 2.2 – Діаграма гальмування [12]

У реальних умовах через неточне регулювання гальм, нерівномірності розподілу зусиль між колесами й коливань підвіски автомобіля в процесі гальмування не вдається реалізувати теоретично можливу величину гальмової сили. Все це враховується коефіцієнтом ефективності гальмування, K_e [12]:

$$S_z = \frac{K_e \cdot v^2}{2g(\varphi_{cy} \pm i + f)}. \quad (2.11)$$

Для легкових автомобілів $K_e=1,2$; для вантажних автомобілів і автобусів $K_e=1,3..1,4$. При низьких значеннях коефіцієнта зчеплення (менш 0,4) – гальмові сили досягають максимального значення практично миттєво, тому K_e приймають рівним 1,0. При гальмуванні на високих швидкостях (90..100 км./год.) $K_e=2,3$, тому що через небезпеку заносу гальмування проводиться спочатку при легкому натисканні на педаль [12].

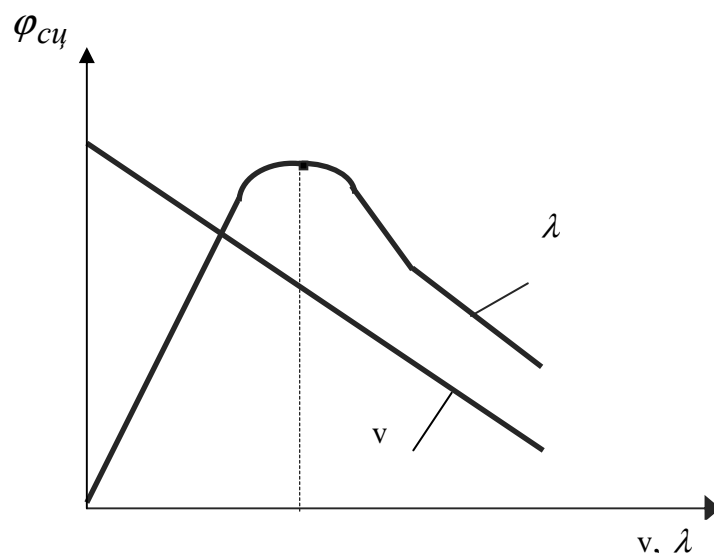
Таблиця 2.1

Зміна коефіцієнта зчеплення залежно від типу й стану покриття [2]

Тип покриття	Стан покриття	
	сухе	мокре
Асфальтобетон, цементобетон	0,7..0,8	0,35..0,45
Щебенева	0,6..0,7	0,3..0,4
Грунтова дорога	0,5..0,6	0,2..0,4
Сніг	0,2..0,3	
Лід	0,1..0,2	

Коефіцієнт зчеплення змінюється не тільки залежно від типу й стану покриття. Він також залежить від початкової швидкості гальмування й ступеня прослизання коліс у контакті з дорогою. При високих швидкостях руху через нерівності дороги в окремі моменти часу губиться контакт між колесом і дорогою. Тому зі збільшенням швидкості коефіцієнт зчеплення знижується. Залежність коефіцієнта зчеплення від ступеня прослизання колеса в контакті з дорогою є нелінійною (рис. 2.3).

При $\lambda = 1$ колеса автомобіля в процесі гальмування повністю заблоковані. Найбільше значення коефіцієнта зчеплення досягається при середніх значеннях λ . Тому для забезпечення максимальної ефективності гальмування необхідно підтримувати λ на оптимальному рівні й не допускати блокування коліс. Це досягається за допомогою антиблокувальних систем.



де v – швидкість руху;
 λ – ступінь прослизання колеса.

Рис. 2.3 – Залежність коефіцієнта зчеплення від швидкості руху й ступеня прослизання колеса в контакті з дорогою [12]

Зупиночний шлях автомобіля визначають за формулою [12]

$$S_{зп} = \frac{v}{3,6} \cdot t_p + \frac{v}{3,6} \cdot t_c + \frac{v}{3,6} \cdot t_n + S_z. \quad (2.12)$$

Сьогодні ставляться наступні вимоги до гальмових систем [2]:

- висока ефективність у всіх умовах гальмування;
- необхідна інтенсивність гальмування при незначному зусиллі на педаль;
- збереження стійкості й керованості в процесі гальмування;
- збереження необхідної ефективності нагрітих гальм;
- надійність.

Згідно з сучасними вимогами автомобіль повинен мати [2, 12]:

- робочу гальмову систему, призначену для зниження швидкості у всіх умовах експлуатації;
- запасну гальмову систему, яка виконує функції робочої при її відмові;

– стояночну гальмову систему, необхідну для втримання транспортного засобу в нерухомому стані;

– допоміжну гальмову систему, призначену для підтримки постійної швидкості при русі на ухилах.

Запобіжна й стояночна системи можуть бути виконані в одному механізмі. Основними показниками робочої й запобіжної системи є вповільнення (j) і гальмівний шлях (S_z).

Шляхи підвищення ефективності гальмових систем:

- застосування антиблокувальних систем;
- застосування регуляторів гальмових сил;
- застосування дискових гальмових механізмів замість барабанних;
- використання більш ефективних фрикційних матеріалів;
- охолодження гальмових механізмів у процесі гальмування.

Під екстреним гальмуванням розуміють гальмування, що виконується з метою зупинки транспортного засобу для запобігання наїзду на перешкоду, що несподівано з'явилась. Це гальмування може бути охарактеризоване зупиночним і гальмівним шляхом [2, 24].

Час реакції водія — час з моменту виявлення ним небезпеки до здійснення необхідних дій, таких як, наприклад, перенесення ноги на педаль гальма і натиснення на неї. Це залежить від навиків водія, положення його тіла, рук і ніг щодо органів управління автомобілем [7].

Час спрацювання гальмівної системи — час з моменту натиснення на педаль гальма до приведення в дію всіх гальмівних механізмів. Залежить від якості і стану гальмівної системи.

Величина гальмівного шляху залежить від багатьох чинників, а саме:

1. Від технічного стану транспортного засобу (знос і тиск повітря в шинах, стан гальмівної системи);
2. Від маси автомобіля (при збільшенні маси — довше гальмівний шлях);
3. Від швидкості руху;

4. Від якості дорожнього покриття;
5. Від стану дороги (при сухому, вологому, в катаному снігом покритті або в ожеледь – різний коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з дорогою);
6. Від наявності на дорозі вибоїн, нерівностей.

Завдання

1. Визначити максимальне уповільнення автомобілів на горизонтальній дорозі, підйомах і спусках при різному стані покриття (сухому, мокрому, при ожеледиці) і різних величинах швидкості руху.
2. За умовами першого питання визначити гальмівний і зупиночний шлях, а також витрачений на них час.
3. Заповнити підсумкову таблицю.

Вихідні дані

Вихідні дані для розрахунку гальмівних властивостей автомобілів вибирають за варіантом з табл. Б.1.

Вказівки до виконання завдання

Розрахувати значення найбільшого сповільнення при екстремому гальмуванні з блокуванням коліс на горизонтальній ділянці без навантаження і з повним навантаженням за формулою [12]

$$j_{\max} = \frac{\varphi \cdot g}{K_e}, \quad (2.13)$$

де K_e – коефіцієнт ефективності гальмування;

φ – коефіцієнт зчеплення колеса з поверхнею дороги;

g – прискорення вільного падіння, м./с.², $g=9,8$ м./с.².

Значення коефіцієнтів зчеплення колеса з поверхнею дороги наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Коефіцієнт зчеплення для різного дорожнього покриття [2]

Дорожнє покриття та його стан	Коефіцієнт зчеплення шин
Цементобетонне:	
Сухе	0,7–0,9
Мокре	0,36–0,6
Асфальтобетонне:	
Сухе	0,7–0,8
Мокре	0,29–0,58
Ожеледь	0,08–0,1
Щебенева:	
Сухе	0,6–0,7
Мокре	0,3–0,4
Ґрунтове:	
Сухе	0,5–0,6
Зволожено дощем	0,2–0,4

Значення коефіцієнта ефективності гальмування наведені в табл. 2.3. При цьому категорію транспортного засобу вибирають згідно з табл. 2.4 [2].

Розрахувати значення найбільшого сповільнення при екстремому гальмуванні на поздовжньому ухилі без навантаження та з повним навантаженням за формулою [12]

$$j_{\max} = \left(\frac{\varphi \cdot \cos \alpha}{K_e} \pm \sin \alpha \right) \cdot g, \quad (2.14)$$

де α – кут ухилу дороги, град.

Знак «+» використовують перед $\sin \alpha$ при гальмуванні на підйомі, а знак «–» – на спуску.

Наприклад значення найбільшого сповільнення при екстремому гальмуванні з блокуванням коліс на горизонтальній ділянці без навантаження та з повним навантаженням для сухого та мокрого покриття.

Таблиця 2.3

Коефіцієнт ефективності гальмування

Тип автомобіля	Категорія автомобіля	Без навантаження при φ				З навантаженням 50% при φ				З повним навантаженням при φ			
		0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5
Одиночні й автопоїзди	M ₁	1,28	1,12	1,00	1,00	1,40	1,22	1,05	1,00	1,50	1,32	1,13	1,00
	M ₂	1,42	1,24	1,07	1,00	1,56	1,37	1,17	1,00	1,74	1,52	1,30	1,09
	M ₃	1,56	1,37	1,17	1,00	1,66	1,46	1,25	1,04	1,74	1,52	1,30	1,09
Одиночні	N ₁	1,45	1,27	1,09	1,00	1,56	1,46	1,25	1,04	1,96	1,71	1,47	1,22
	N ₂	1,37	1,20	1,03	1,00	1,63	1,43	1,22	1,02	1,96	1,71	1,47	1,22
	N ₃	1,28	1,12	1,00	1,00	1,56	1,37	1,17	1,00	1,96	1,71	1,47	1,22
Автопоїзди з тягачами	N ₁	1,66	1,46	1,25	1,04	1,82	1,59	1,36	1,14	1,96	1,71	1,47	1,22
	N ₂	1,60	1,40	1,20	1,00	1,78	1,56	1,33	1,11	1,96	1,71	1,47	1,22
	N ₃	1,56	1,37	1,17	1,00	1,74	1,52	1,30	1,09	1,96	1,71	1,47	1,22

Примітка. В усіх випадках при $\varphi \leq 0,4$ величина $K_e = 1,0$.

Таблиця 2.4

Класифікація транспортних засобів

Категорія	Тип автотранспортного засобу	Повна маса
M ₁	Автотранспортні засоби, призначені для перевезення пасажирів, з кількістю не більше 8 місць для сидіння (крім водія), і створені на їх базі модифікації з повною масою, що відповідає повній масі базової моделі	
M ₂	Те саме, такі, що мають більше 8 місць для сидіння (крім місця для водія)	До 5 т.
M ₃	Те саме	Більше 5 т.
N ₁	Одиночні автотранспортні засоби і автопоїзди, призначені для перевезення вантажів	До 3,5 т.
N ₂	Те саме	3,5 – 12 т.
N ₃	Те саме	Більше 12 т.

Сухе покриття без навантаження

$$j_{max} = \frac{0,8 \cdot 9,8}{1,28} = 6,13.$$

Сухе покриття з навантаженням

$$j_{max} = \frac{0,8 \cdot 9,8}{1,96} = 4.$$

Мокре покриття без навантаження

$$j_{max} = \frac{0,5 \cdot 9,8}{1,00} = 4,9.$$

Мокре покриття з навантаженням

$$j_{max} = \frac{0,5 \cdot 9,8}{1,22} = 4,02.$$

Розрахувати зупиночний і гальмівний шлях автомобіля при вказаних швидкостях руху на горизонтальній ділянці дороги, спуску і на підйомі. Зупиночний шлях розраховують за формулою [12]

$$S_{зп} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4, \quad (2.15)$$

де S_1 – шлях, який проходить автомобіль за час реакції водія, м.

$$S_1 = \frac{V_0}{3,6} \cdot t_1, \quad (2.16)$$

де t_1 – час реакції водія (згідно з варіантом), с.;

S_2 – шлях, який проходить автомобіль за час спрацювання гальмівного приводу, м.

$$S_2 = \frac{V_0}{3,6} \cdot t_2, \quad (2.17)$$

де t_2 – час спрацювання гальмівного приводу (згідно з варіантом), с;

S_3 – шлях, який проходить автомобіль за час наростання сповільнення.

$$S_3 = \frac{V_0}{3,6} \cdot t_3, \quad (2.18)$$

де t_3 – час наростання сповільнення при гальмуванні до моменту виникнення слідів гальмування, с. Цей час визначають залежно від завантаження автомобіля Q_{GP} і коефіцієнта зчеплення:

$$t_3 = t_3' \cdot \frac{(Q + Q_{GP}) \cdot \varphi}{Q \cdot \varphi}, \quad (2.19)$$

де t_3' – час наростання сповільнення при гальмуванні завантаженого автомобіля, с. (згідно з варіантом);

φ' – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою для сухого асфальтобетону;

Q, Q_{GP} – відповідно маса автомобіля і маса вантажу, кг.

S_4 – шлях, який проходить автомобіль до повної зупинки, м.

Значення власної і повної маси автомобіля наведені в табл. 2.5.

Шлях до повної зупинки автомобіля визначають за формулою [2]

$$S_4 = \frac{(V_0 - 1,8 \cdot j_{MAX} \cdot t_3)^2}{26 \cdot j_{MAX}}. \quad (2.20)$$

Таблиця 2.5

Власна і повна маса автомобіля

Автомобіль	Власна маса, кг.	Повна маса, кг.
ВАЗ–2101	955	1355
ВАЗ–21011	955	1355
ВАЗ–2106	1045	1445
РАФ–2203	1750	2710
ПАЗ–672	4535	7825
ГАЗ–2401	1420	1820
Москвич – 412	1045	1445
ЛіАЗ–677	8380	14050
ІЖ–2125	545	1450
ГАЗ–53А	3250	7400
ЗІЛ–130	4300	10525
КамАЗ–5320	7080	15305
МАЗ–500А	6600	14825
УАЗ–469	890	2450
ЗАЗ–968А	840	1160
ГАЗ–24	1420	1820
ЗІЛ–114	3085	3610
УАЗ–469Б	1540	2290
ЛАЗ 697Р	7550	10880
ЛАЗ–695Н	6850	11610
КрАЗ–257Б1	10285	22600
МАЗ–516Б	9050	23700
ЗІЛ–133ГЯ	7610	17835
ЗІЛ–133Г2	6875	17175
Урал–377Н	7225	14950

Значення зупиночного шляху визначається за формулою [12]

$$S_{зп} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_0}{3,6} + \frac{V_0^2}{26 \cdot j_{MAX}}. \quad (2.21)$$

Гальмівний шлях автомобіля визначається за формулою [12]

$$S_z = (t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_0}{3,6} + \frac{V_0^2}{26 \cdot j_{MAX}}. \quad (2.22)$$

Наприклад зупиночний та гальмівний шлях автомобіля при швидкості руху 30 км./год. на горизонтальній ділянці дороги, спуску і на підйомі становить: Сухе покриття без навантаження

$$S_{зп} = (0,8 + 0,8 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{30}{3,6} + \frac{30^2}{26 \cdot 6,13} = 22,32.$$

Сухе покриття з навантаженням

$$S_{зп} = (0,8 + 0,8 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{30}{3,6} + \frac{30^2}{26 \cdot 4} = 25,32.$$

Мокре покриття без навантаження

$$S_{зп} = (0,8 + 0,80 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{30}{3,6} + \frac{30^2}{26 \cdot 4,9} = 23,73.$$

Мокре покриття з навантаженням

$$S_{зп} = (0,8 + 0,8 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{30}{3,6} + \frac{30^2}{26 \cdot 4,02} = 26,28.$$

Сухе покриття без навантаження

$$S_z = (0,8 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{30}{3,6} + \frac{30^2}{26 \cdot 6,13} = 15,65.$$

Сухе покриття з навантаженням

$$S_z = (0,8 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{30}{3,6} + \frac{30^2}{26 \cdot 4} = 18,65.$$

Мокре покриття без навантаження

$$S_z = (0,8 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{30}{3,6} + \frac{30^2}{26 \cdot 4,9} = 17,06.$$

Мокре покриття з навантаженням

$$S_z = (0,8 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot \frac{30}{3,6} + \frac{30^2}{26 \cdot 4,02} = 18,61.$$

При визначенні зупиночного шляху автомобіля на дорозі з поздовжнім ухилом слід використовувати формулу [12]

$$S'_{зп} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_0}{3,6} + \frac{V_0^2}{26 \cdot (j_{MAX} \cdot \cos \alpha \pm g \cdot \sin \alpha)}. \quad (2.23)$$

Час, потрібний для проходження зупиночного шляху розраховують за формулою

$$T_0 = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 + \frac{V_0}{3,6 \cdot j_{MAX}}. \quad (2.24)$$

Результати розрахунків представляють у виді табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Результати розрахунків параметрів гальмування автомобіля для різних умов експлуатації

Швидкість, км./год.	Уповільнення, м./с. ²				Зупиночний шлях, м.				Гальмівний шлях, м.				Час проходження зупиночного шляху			
	Сухе покриття		Мокре покриття		Сухе покриття		Мокре покриття		Сухе покриття		Мокре покриття		Сухе покриття		Мокре покриття	
	БН*	Н	БН	Н	БН	Н	БН	Н	БН	Н	БН	Н	БН	Н	БН	Н
30	6,13	4	4,9	4,02	22,32	25,32	23,73	25,28	15,65	18,65	17,06	18,61	3,36	4,08	3,70	4,07
60					55,92	67,95	61,59	67,77	42,59	54,62	48,26	54,44	4,72	6,17	5,40	6,15
90					100,82	127,88	113,58	127,5	80,82	107,88	93,58	107,5	6,08	8,25	7,1	8,22
120					157,02	205,13	179,7	204,44	130,35	178,46	153,03	177,77	7,44	10,33	8,8	10,29

Примітка*:

БН – автомобіль рухається без навантаження;

Н – автомобіль рухається з навантаженням.

1. Що розуміють під екстреним гальмуванням?
2. Що розуміють під гальмівним шляхом?
3. Що розуміють під зупиночним шляхом?
4. Чим відрізняється гальмівний шлях від зупиночного?
5. Від чого залежить величина гальмівного шляху?

2.2 Поперечна стійкість автомобіля

Мета: Набуття навичок з розрахунку параметрів поперечної стійкості автомобіля, виходячи з умов заносу та перекидання.

Теоретична частина

Стійкість – це властивість автомобіля протистояти заносу й перекиданню. Розрізняють поздовжню й поперечну стійкість автомобіля [2].

Поздовжня стійкість – це властивість автомобіля зберігати орієнтацію вертикальної осі в поздовжній площині в заданих межах, тобто без перекидання. Імовірність поздовжнього перекидання – дуже низка.

Тому основним оціночним показником поздовжньої стійкості є кут підйому (α), при якому можливий рух автомобіля без буксування ведучих коліс. Для автомобілів з однією привідною віссю $\alpha = 10..15^0$ [12].

Поперечна стійкість – це властивість транспортного засобу зберігати орієнтацію вертикальної осі в поперечній площині в заданих межах, тобто здатність протистояти заносу й перекиданню при криволінійному русі або по косягору. Занос автомобіля відбудеться, якщо горизонтальна складова відцентрової сили перевищить поперечну складову сили зчеплення. Стійкість руху автомобіля по горизонтальній кривій визначається критичною швидкістю й критичним радіусом криволінійного руху.

При русі по горизонтальній кривій на автомобіль діє відцентрова сила [2].

$$C = \frac{mv^2}{R}, \quad (2.25)$$

де R – радіус горизонтальної кривої, м.;

m – маса автомобіля, кг.

Перекидання автомобіля при русі по горизонтальній кривій відбудеться в тому випадку, якщо перекидаючий момент, створюваний відцентрової силою, перевищить утримуючий момент, який створюється силою ваги [7].

Вихідні дані

Вхідні дані наведені в табл. Б.2 та Б.3.

Завдання

1. Розрахувати критичну швидкість криволінійного руху при умові заносу.
2. Визначити критичний радіус повороту при умові заносу.
3. Розрахувати критичну швидкість криволінійного руху при умові перекидання.
4. Визначити критичний радіус повороту при умові перекидання.
5. Зробити висновки щодо роботи.

Вказівки до виконання завдання

Значення критичної швидкості криволінійного руху з умов заносу ($V_{кр}^3$, км./год.) знаходять за формулою [12]

$$V_{кр}^3 = 3,6 \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot (\varphi_x \pm i_n)}, \quad (2.26)$$

де g – прискорення вільного падіння, м./с.²;

R – радіус повороту, м.;

φ_x – коефіцієнт зчеплення у поперечному напрямку;

i_n – поперечний ухил.

При проведенні практичних розрахунків [2]

$$\varphi_x \approx 0,6 \cdot \varphi, \quad (2.27)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення для даного виду покриття.

Наприклад значення критичної швидкості криволінійного руху з умов заносу ($V_{кр}^3$, км./год.) та коефіцієнта зчеплення становить:

$$\varphi_x = 0,6 \cdot 0,44 = 0,264;$$

$$V_{кр}^3 = 3,6 \cdot \sqrt{9,8 \cdot 210 \cdot (0,264 + 0,02)} = 87,05;$$

$$V_{кр}^3 = 3,6 \cdot \sqrt{9,8 \cdot 210 \cdot (0,264 - 0,02)} = 79,99.$$

Критичний радіус повороту з умов заносу знаходять за формулою [12]

$$R_{кр}^3 = \frac{V^2}{12,96 \cdot g \cdot (\varphi_x \pm i_n)}, \quad (2.28)$$

де V – швидкість руху автомобіля, км./год.

Критичну швидкість криволінійного руху з умов перекидання ($V_{кр}^n$, км./год.) розраховують за формулою [12]

$$V_{кр}^n = 3,6 \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot \left(\frac{B - 2 \cdot \Delta}{2 \cdot h} \pm i_n \right)}, \quad (2.29)$$

де B – ширина колії автомобіля, м.;

Δ – зміщення центру мас, м.;

h – висота центру мас автомобіля, м.

Критичний радіус повороту автомобіля з умов перекидання ($R_{кр}^n$, м.) визначають за формулою [12]

$$R_{кр}^n = \frac{V^2}{12,96 \cdot g \cdot \left(\frac{B - 2 \cdot \Delta}{2 \cdot h} \pm i_n \right)}. \quad (2.30)$$

Зсув центру ваги $\Delta = 0,2b$ для всіх типів автомобілів.

При виконанні розрахунків на практиці користуються наступними співвідношеннями. Для легкових автомобілів: $h=0.45..0.6$, м.; $\frac{b}{h} = 1,8..2,5$;

для вантажних автомобілів: $h=0.65..1.0$, м. ; $\frac{b}{h} = 2..3$; для автобусів: $h=0.7..$

1.2 , м.; $\frac{b}{h} = 1,7..2,2$ [2].

Наприклад значення критичного радіусу повороту з умов заносу ($R_{кр}^3$, м), критичної швидкості криволінійного руху з умов перекидання ($V_{кр}^n$, км./год.) та критичного радіусу повороту автомобіля з умов перекидання ($R_{кр}^n$, м) при швидкості руху автомобіля 20 км./год. становить:

$$R_{кр}^3 = \frac{20^2}{12,96 \cdot 9,8 \cdot (0,264 + 0,02)} = 11,25;$$

$$R_{кр}^3 = \frac{20^2}{12,96 \cdot 9,8 \cdot (0,264 - 0,02)} = 13,12;$$

$$V_{кр}^n = 3,6 \cdot \sqrt{9,8 \cdot 210 \cdot \left(\frac{1,65 - 2 \cdot 0,33}{2 \cdot 0,917} + 0,02 \right)} = 122,22;$$

$$V_{кр}^n = 3,6 \cdot \sqrt{9,8 \cdot 210 \cdot \left(\frac{1,65 - 2 \cdot 0,33}{2 \cdot 0,917} - 0,02 \right)} = 117,76;$$

$$R_{кр}^n = \frac{20^2}{12,96 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{1,65 - 2 \cdot 0,33}{2 \cdot 0,917} + 0,02 \right)} = 5,62;$$

$$R_{кр}^n = \frac{20^2}{12,96 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{1,65 - 2 \cdot 0,33}{2 \cdot 0,917} - 0,02 \right)} = 6,06.$$

Питання для самоперевірки й контролю знань

1. Що розуміється під поперечною стійкістю автомобіля?
2. Як розрахувати критичну швидкість криволінійного руху при умові заносу?
3. Що розуміється під критичним радіусом?
4. Яке значення приймає коефіцієнт зчеплення при сухому й мокрому покритті?
5. Від яких показників залежить критична швидкість криволінійного руху?

3. МЕТОДИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЗАХОДІВ З ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА АВАРІЙНІСТЬ

3.1. Метод коефіцієнтів безпеки

Мета: здобуття практичних навичок з визначення ступеня безпечності ділянок дорожньої мережі.

Теоретична частина

Метод коефіцієнтів безпеки заснований на співвідношенні між безпечною швидкістю, забезпечуваною даною ділянкою (V), і швидкістю, яка може бути розвинена автомобілем на попередній ділянці ($V_{\text{вх}}$). Коефіцієнт безпеки визначається за формулою [3, 24]

$$K_{\text{без}} = \frac{V}{V_{\text{вх}}}, \quad (3.1)$$

де $K_{\text{без}}$ – коефіцієнт безпеки.

Для побудови графіка коефіцієнтів безпеки вся ділянка дороги розбивають на окремі ділянки за ознакою зміни параметрів дорожніх умов і характеристик руху. Після цього за експериментальними даними будують графік зміни швидкості руху по ділянках дороги. При розрахунках швидкостей не враховують місцеві обмеження швидкості, що накладаються правилами дорожнього руху. Цим враховують можливу недисциплінованість водіїв. Крім того, ухвалюється допущення, що швидкість руху на ділянці зростає доти, поки не перевищить значення, забезпечуване яким-небудь елементом плану або профілю.

По графіках зміни швидкості розраховують коефіцієнти безпеки для окремих ділянок. Залежно від значення коефіцієнта безпеки визначають ступінь небез-

зпеки ділянки дороги. При цьому користуються наступними рекомендаціями:

- $K_{без} < 0,4$ – ділянка дуже небезпечна;
- $0,4 < K_{без} < 0,6$ – ділянка небезпечна;
- $0,6 < K_{без} < 0,8$ – ділянка малобезпечна;
- $0,8 < K_{без}$ – ділянка безпечна.

Для небезпечних і дуже небезпечних ділянок необхідно розробити додаткові заходи щодо організації дорожнього руху з метою зниження ймовірності виникнення ДТП. Кардинальним рішенням є реконструкція ділянки дороги.

При оцінці швидкостей руху на існуючих дорогах використовують графік швидкостей, отриманих експериментально.

В методику розрахунку швидкостей для визначення коефіцієнта безпеки вводять наступні зміни для обліку можливих найбільш небезпечних режимів руху по дорозі [24]:

- при розрахунках швидкостей не беруть до уваги місцеві обмеження швидкості, що накладаються вимогою правил руху по дорогах (обмеження швидкості в населених пунктах, на переїздах залізниць, на перетинах інших доріг, на кривих малих радіусів, в зонах дії дорожніх знаків і ін.).

- не враховуються ділянки гальмування для плавної зміни швидкості руху при в'їздах на криві малих радіусів, вузькі мости і т.д. В кінці кожної ділянки дороги визначають максимальну швидкість, яка може бути розвинена без урахування умов руху на подальших ділянках;

- можливу швидкість руху на кривих в плані оцінюють виходячи з граничного значення коефіцієнта поперечного зчеплення, що забезпечує стійкість автомобіля проти заносу;

- вважають, що швидкості руху зростають до тих пір, поки не перевищать значення, що забезпечується яким-небудь елементом плану або профілю. При подальших розрахунках вважають, що автомобіль входить на наступну ділянку зі швидкістю, що забезпечується даним елементом.

Вихідні дані:

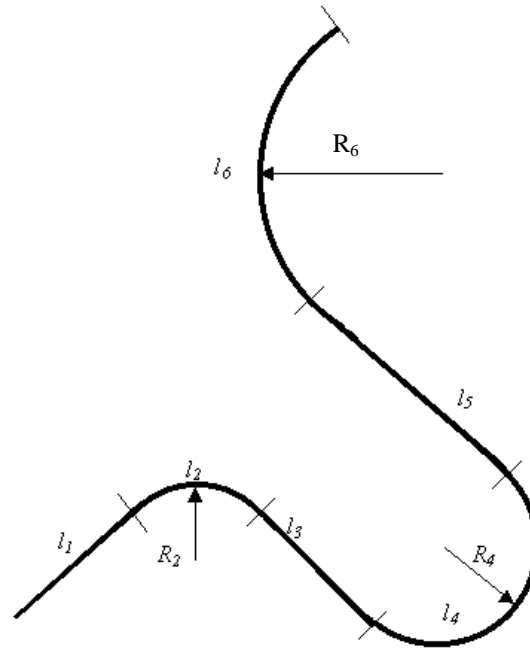


Рис. 3.1 – Схема дорожньої мережі

Вхідні дані наведені у табл. В.1 – В.3.

Завдання

1. Розрахувати швидкість транспортного засобу, яку він може розвинути наприкінці ділянки розгону.
2. Розрахувати можливу максимальну швидкість руху автомобіля на кривій, при якій забезпечується стійкість автомобіля щодо заносу та перекидання.
3. Накреслити графік зміни швидкості руху, коефіцієнтів безпеки для всієї дорожньої мережі.
4. Визначити коефіцієнти безпеки.
5. Побудувати графік зміни значень коефіцієнтів безпеки за довжиною дороги.
6. Зробити висновки про безпечність ділянок дорожньої мережі.

Швидкість руху автомобіля наприкінці ділянки розгону визначають за залежністю [3]

$$V_{\text{ex}} = \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot a' \cdot S \cdot 12960}, \quad (3.2)$$

де V_0 – швидкість руху автомобіля на початку перегону, км./год.;

a' – абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням поздовжнього ухилу дороги на перегоні, м./с.²;

S – довжина перегону, км.;

12960 – коефіцієнт, що враховує переведення прискорення з м./с.² у км./год.².

Абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням поздовжнього ухилу на перегоні знаходять за формулою [3]

$$a' = a \pm \left(i_{\text{подош}} \cdot \frac{g}{100} \right), \quad (3.3)$$

де a – абсолютне прискорення автомобіля без урахування поздовжнього ухилу дороги на перегоні, м./с.²;

$i_{\text{подош}}$ – поздовжній ухил на перегоні, %;

g – прискорення вільного падіння, м./с.² ($g=9,8$ м./с.²).

У формулі (3.3) використовують знак «+», якщо автомобіль рухається вниз, і «–» – якщо вгору. У випадку, якщо швидкість автомобіля наприкінці ділянки розгону перевищує 120 км./год. приймають її рівною 120 км./год. Швидкість руху автомобіля на початку перегону вибирають з мінімального значення швидкості входу в поворот або критичної швидкості при перекиданні чи заносі [3].

Наприклад значення швидкість руху автомобіля наприкінці ділянки

розгону та абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням поздовжнього ухилу на перегоні для поздовжнього ухилу 3,5% становить:

$$\alpha'_1 = 0,51 + \left(3,5 \cdot \frac{9,8}{100} \right) = 0,85;$$

$$V_{ex1} = \sqrt{34^2 + 2 \cdot 0,85 \cdot 1,62 \cdot 12960} = 191,96.$$

Аналогічно за формулами (3.1–3.2) виконують розрахунки швидкості руху автомобіля наприкінці ділянки розгону та абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням поздовжнього ухилу на перегоні при інших значеннях поздовжнього ухилу ($i_{пдов}$).

Значення можливої швидкості руху на кривих у плані оцінюють, виходячи з граничного значення коефіцієнта поперечного зчеплення, що забезпечує стійкість автомобіля проти заносу і перекидання.

Значення можливої максимальної швидкості руху автомобіля, при якому забезпечується стійкість автомобіля при заносі, встановлюють за формулою [3]

$$V_z = 3,6 \sqrt{g \cdot R \cdot \left(\varphi_y + \frac{i_{non}}{100} \right)}, \quad (3.4)$$

де R – радіус кривої у плані, м.;

φ_y – поперечний коефіцієнт зчеплення шин з дорогою;

i_{non} – поперечний ухил на кривій, %;

3,6 – коефіцієнт переведення швидкості з м./с. у км./год.

Значення φ_y приймають 70% від значення поздовжнього коефіцієнта зчеплення шин з дорогою для відповідного типу покриття. Значення поздовжнього коефіцієнта зчеплення шин з дорогою знаходять з [3].

Значення критичної швидкості (максимально допустимої) автомобіля по перекиданню визначають за формулою [3]

$$V_{nep} = 3,6 \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h}}, \quad (3.5)$$

де B – колія транспортного засобу, м.;

h – висота центру мас, м.

Приймаємо висоту центру мас автомобіля рівною половині габаритної висоти. Наприклад значення можливої максимальної швидкості руху автомобіля, при якому забезпечується стійкість автомобіля при заносі та значення критичної швидкості автомобіля по перекиданню становить:

$$V_{з2} = 3,6 \sqrt{9,8 \cdot 75 \left(0,65 + \frac{2,5}{100} \right)} = 80,48;$$

$$V_{nep2} = 3,6 \sqrt{\frac{9,8 \cdot 75 \cdot 1,65}{2 \cdot 0,917}} = 92,57.$$

Аналогічно за формулами (3.4–3.5) виконують розрахунки можливої максимальної швидкості руху автомобіля, при якому забезпечується стійкість автомобіля при заносі та критичної швидкості автомобіля по перекиданню.

Графік зміни швидкості руху транспортних засобів виконують в масштабі. На графіку відображають швидкість автомобіля по кожній ділянці мережі, можливу максимальну швидкість руху автомобіля, при якому забезпечується стійкість автомобіля при заносі та перекиданні.

За графіками швидкостей руху визначають співвідношення швидкостей при вході на кожний елемент дороги і мінімальною швидкістю, що допускається геометричними елементами аналізованої ділянки [3]:

$$K_{bez} = \frac{\min\{V_z, V_{nep}\}}{V_{ex}}, \quad (3.6)$$

Наприклад значення коефіцієнту безпеки становить:

$$K_{\text{без}2} = \frac{80,48}{120} = 0,67.$$

Доцільно графік зміни коефіцієнтів безпеки рисувати разом з графіком швидкостей. Приклад наведено на рис. 3.2.

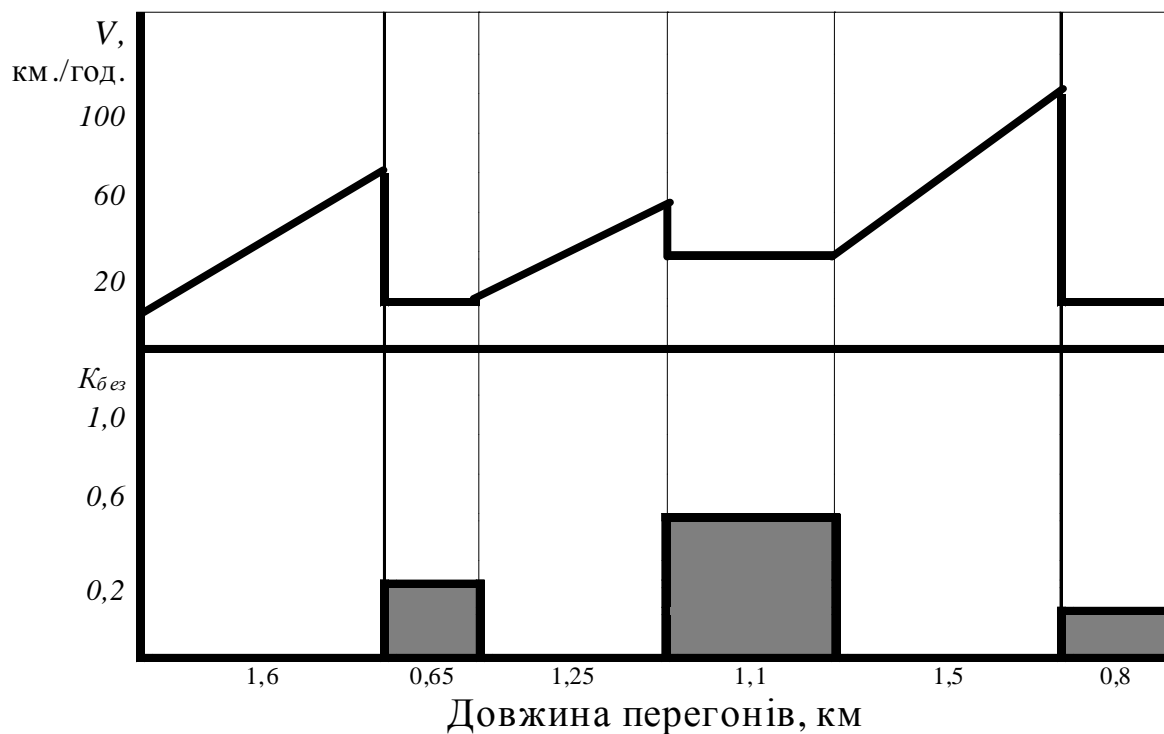


Рис. 3.2 – Графік зміни швидкості автомобіля і коефіцієнтів безпеки

На основі графіка зміни коефіцієнтів безпеки роблять висновки про стан безпеки на дорозі. Ділянки, для яких коефіцієнт безпеки менше 0,4, дуже небезпечні для руху, від 0,4 до 0,6 – небезпечні, від 0,6 до 0,8 – малобезпечні. При $K_{\text{без}} \geq 0,8$ умови не впливають на безпеку руху [3].

Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Що розуміють під коефіцієнтом безпеки?
2. Для чого використовують і чим характеризується коефіцієнт поперечного зчеплення?
3. У чому полягає методика розрахунку швидкостей для визначення коефіцієнта безпеки?
4. За яким критерієм оцінюють значення можливої швидкості руху на кривих у плані?
5. Що визначають за графіком швидкостей руху?

3.2. Оцінка ступеня небезпечності ділянок дороги методом підсумкового коефіцієнта аварійності

Мета: здобуття практичних навичок з визначення ступеня небезпечності ділянок дорожньої мережі.

Теоретична частина

Метод підсумкових коефіцієнтів аварійності заснований на обробці статистики ДТП. Згідно із цим методом, ступінь небезпеки ділянок дороги характеризується підсумковим коефіцієнтом аварійності [3]:

$$K_{авар} = \prod_{i=1}^{14} K_i , \quad (3.7)$$

де K_i – окремий коефіцієнт аварійності.

Окремий коефіцієнт аварійності являє собою відношення кількості ДТП на даному елементі дороги до кількості ДТП на еталонній ділянці. Ета-

лонною вважається прямолінійна ділянка двох смугової дороги без поздовжніх ухилів, із твердими узбіччями, асфальтобетонним або цементобетонним покриттям і шириною проїзної частини 7,5 м. K_i враховує вплив на БР інтенсивності руху, ширини проїзної частини, ширини й типу узбіч, величини ухилів, складу потоку і т.д. $K_{авар}$ характеризує відносну ймовірність виникнення ДТП на ділянці дороги. Серед коефіцієнтів аварійності відсутній коефіцієнт, що враховує швидкість потоку. Вплив швидкості потоку побічно враховане в значеннях інших коефіцієнтів [3].

Для побудови графіка підсумкових коефіцієнтів аварійності всю ділянку дороги розбивають на окремі ділянки за ознакою зміни параметрів дорожніх умов і характеристик руху. Потім для кожної виділеної ділянки визначають по довідникові значення коефіцієнтів аварійності. Після цього для цих же ділянок розраховують підсумкові коефіцієнти аварійності й будують графік їх зміни на всій розглянутій ділянці дороги.

Метод коефіцієнтів аварійності заснований на узагальненні матеріалів статистики дорожньо-транспортних пригод. Він особливо зручний для аналізу проектних рішень при реконструкції існуючих доріг, дозволяючи без громіздких розрахунків виявити небезпечні місця на основі проектних документів. Оскільки залежність коефіцієнта аварійності від поперечного ухилу проїзної частини на кривих і наявності віражів спеціально не враховується, при оцінці ступеня безпеки руху слід виходити із значень еквівалентних радіусів кривих, що допускають проїзд з тією ж швидкістю, що розглядаються криві, але що мають ухил віражу, рівний ухилу проїзної частини на прямих ділянках [6].

В межах кожної ділянки в спеціальній графі в прийнятому масштабі показується наочно значення підсумкового коефіцієнта аварійності. Підсумковий коефіцієнт аварійності в проектах нових доріг не повинен бути більше 15-20. При реконструкції або капітальному ремонті дороги в умовах горбистого рельєфу підлягають перебудуванню ділянки з коефіцієнтом аварійності більше 25-40 залежно від місцевих умов. На існуючих дорогах слід наносити

розмітку проїзної частини, що забороняє обгін з виїздом на смугу зустрічного руху при коефіцієнті аварійності більше 10-20. При його значенні більше 20-40 встановлюються знаки заборони обгону і обмеження швидкості. В умовах гірської місцевості небезпечні ділянки з $K_{авар} > 400$ [3].

Вихідні дані:

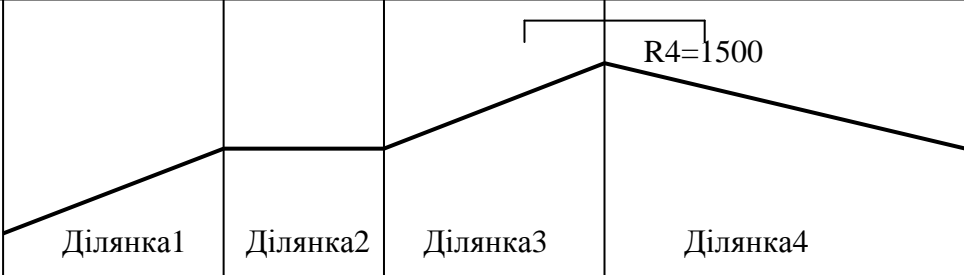

Повздовжній профіль						
План траси						
Видимість, м			B1		B2	B3

Рис. 3.3 – Схема ділянки для визначення показника аварійності

Вихідні дані наведені в табл. В.4 – В.6.

Завдання

1. Визначити окремі коефіцієнти безпеки для кожного типу ділянок дорожньої мережі.
2. Розрахувати значення підсумкового коефіцієнта безпеки.
3. Побудувати лінійний графік зміни значень підсумкових коефіцієнтів безпеки.
4. Зробити висновки про ступінь небезпечності ділянок дороги.

Вказівки до виконання завдання

Окремі коефіцієнти безпеки являють собою співвідношення кількості пригод при тому чи іншому розмірі елемента плану і профілю до кількості подій на еталонній прямій ділянці дороги з проїзною частиною шириною 7,5 м із твердими широкими обочинами на прямій горизонтальній ділянці дороги.

Значення коефіцієнтів, виведених за матеріалами аналізу даних дорожньо-транспортних пригод, наведені в табл. 3.1 [3].

Підсумковий коефіцієнт аварійності обчислюється перемноженням окремих коефіцієнтів, що враховують вплив різних параметрів траси:

$$K_{небез} = K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot \dots \cdot K15, \quad (3.8)$$

де $K1, K2, K3, \dots, K15$ – окремі коефіцієнти небезпеки.

Результати визначення коефіцієнтів аварійності оформляють у вигляді лінійних графіків. Для їхньої побудови аналізують план і поздовжній профіль дороги по кожному з показників, наведених у табл. 3.1, і враховують відповідний окремий коефіцієнт аварійності. Перемноження по вертикалі для кожної ділянки всіх коефіцієнтів дає значення підсумкового коефіцієнта аварійності. Приклад побудованого графіку коефіцієнтів аварійності представлено на рис. 3.4.

Питання для самоперевірки та контролю знань

1. У чому полягає сутність методу коефіцієнтів аварійності?
2. Яке значення приймає коефіцієнт аварійності в залежності від умов?
3. Що розуміють під коефіцієнтом безпеки?
4. Чим треба керуватися при будуванні лінійного графіку?
5. Від чого залежить коефіцієнт аварійності?

Таблиця 3.1

Значення окремих коефіцієнтів аварійності [3]

Показник	Значення					
Інтенсивність руху авт./доб. К1	500 0,4	1000 0,5	3000 0,75	5000 1,0	7000 1,3	≥9000 1,7
Ширина проїзної частини, м. К2 (при укріплених обочинах) К2 (при неукріплених обочинах)	4,5 2,2 4	5,5 1,5 2,75	6 1,35 2,5	7,5 1 1,5	≥8,5 0,8 1	
Ширина обочини, м. К3	0,5 2,2	1,5 1,4	2 1,2	3 1,0		
Поздовжній ухил, ‰ К4 (із роздільною смугою) К4 (без роздільної смуги)	20 1,0 1,0	30 1,0 1,25	50 1,25 2,5	70 1,4 2,8	80 1,5 3,0	
Радіус кривих у плані, м. К5	≤50 10	100 5,4	150 4	200–300 2,25	400–600 1,6	1000–2000 1,25
Видимість дороги, м. К6 у плані К6 у поздовжньому профілі	100 3 4	200 2,25 2,5	300 1,7 2,0	400 1,2 1,4	≥500 1,0 1,0	
Ширина проїзної частини мостів стосовно проїзної частини дороги К7	Менше на 1 м. 6,0	Дорівнює 3,0	Ширше на 1 м. 1,5	Ширше на 2 м. 1,0		
Довжина прямих ділянок, км. К8	3 1,0	5 1,1	10 1,4	15 1,6	20 1,9	25 2,0
Перетини в однім рівні при інтенсивності руху по головній дорозі, авт./доб. К9	1000 1,5	1600–3500 2,0	3500–5000 3	5000–7000 4		
Тип перетинів з дорогою К10	У різних рівнях 0,35	У однім рівні при інтенсивності на дорозі, що перетинає, % від сумарної на двох дорогах ≤10 1,5	10–20 3,0	≥20 4,0		
Видимість перетинів в одному рівні з дорогою, що примикає, м. К11	>60 1	60–40 1,1	40–30 1,65	30–20 2,5	<20 10	
Число смуг руху на проїзній частині К12	2 1	3 1,5	4 без роздільної смуги 0,8	4 із роздільною смугою 0,65		
Відстань від забудови до проїзної частини і її характеристики, м. К13	50–20, є смуги місцевого руху і тротуари 2,5	20–10, є смуги місцевого руху і тротуари 5	10, смуги місцевого руху відсутні, тротуари є 7,5	10, смуги місцевого руху і тротуари відсутні 10		
К 14 довжина населеного пункту, км.	0,5 1	1 1,2	2 1,7	3 2,2	4 2,7	
Коефіцієнт зчеплення Характеристика покриття К15	0,2–0,3 Слизьке брудне 2,5	0,4 Слизьке 2,0	0,6 Чисте сухе 1,3	0,7 Шорсткувате 1,0	0,75 Дуже шорсткувате 0,75	

3.3. Кількісний і якісний аналіз дорожньо-транспортних пригод

Мета: здобуття практичних навичок у проведенні кількісного аналізу ДТП, які трапились на транспортній мережі району перевезень за рік.

Теоретична частина

ДТП – це пригода, що виникла в результаті порушення нормального режиму руху транспортних потоків і відбулось загибель або поранення людей, завдання матеріальних збитків, ушкодження вантажів і будинків, споруджень.

Розрізняють наступну класифікацію ДТП [11, 6]

За ступенем важкості: ДТП із матеріальним збитком; ДТП із загибеллю людей; ДТП із тілесними ушкодженнями.

За видами: наїзд транспортних засобів на: пішоходів – 50%; перешкоду – 5%; стоячий транспортний засіб – 3,5%; велосипедистів – 1%; зіткнення – 30%; перекидання транспортних засобів – 8%; всі інші (падіння вантажу на людину, схід трамвая з рельсів) – 0,5%.

З причин виникнення (об'єктивні причини): через пішохода, з вини водія. За технічною несправністю автомобіля. Погані дорожні умови.

До ДТП не відносяться пригоди:

– з тракторами й іншими транспортними механізмами під час виконання основних виробничих операцій;

– що викликали пожежі на ТЗ під час руху, але які не пов'язані з технічною несправністю автомобіля;

– виникли в результаті навмисних дій;

– внаслідок спроби самогубства;

- виникли під час спортивних змагань ;

– виникли в результаті стихійних лих;

– на закритих територіях підприємств, установ, аеродромів, військових

частин і інших охороняємих об'єктів.

ДТП протікає звичайно дуже швидко (секунди) і розвивається в такий спосіб: 1. фаза. Виникнення небезпечної дорожньої обстановки (коли учасники дорожнього руху повинні прийняти всі необхідні заходи для запобігання ДТП), якщо заходи не прийняті, то настає друга фаза. 2 фаза. Виникає аварійна дорожня обстановка, при якій запобігти ДТП уже неможливо. У такій обстановці водій не може уникнути ДТП, навіть використовуючи всі технічні засоби.

Основні причини ДТП класифікують [11]:

- недисциплінованість пішоходів;
- недостатня кваліфікація або раптове погіршення здоров'я водія;
- незадовільний технічний стан ТЗ;
- погані дорожні умови;
- незадовільна організація руху;
- неправильне розміщення вантажу в автомобілі, погане його закріплення;

Часто ДТП виникає внаслідок декількох причин.

ДТП – це випадкове явище, але у масі випадковостей проявляються закономірності. Аналіз ДТП проводиться з метою оцінки стану аварійності на певній адміністративній території, визначення тенденцій зміни аварійності, установлення причин і факторів виникнення ДТП і виділення місць концентрації. Відповідно до цих напрямків застосовують наступні методи аналізу ДТП: кількісний; якісний; топографічний [11, 12].

Кількісний аналіз ДТП дозволяє оцінити рівень аварійності за місцем й часом їх здійснення. При проведенні застосовуються абсолютні й відносні показники. Абсолютний показник аварійності – загальна кількість ДТП, загальна кількість потерпілих і загиблих, загальна кількість потерпілих з матеріальним збитком. Відносні показники аварійності, дозволяють порівнювати рівень аварійності різних регіонів, магістралей, ділянок мережі. Ці показники аварійності застосовують на 100 тис. мешканців, на 1 тис. транспортних засобів, на 1 тис. водіїв, на 1 км. дороги, на 1 млн. км пробігу.

Показник відносної аварійності визначають за формулою [11]:

$$K_a = \frac{\sum n_{\text{ДТП}}}{\sum L}, \quad (3.9)$$

де $n_{\text{ДТП}}$ – загальна кількість ДТП за розглянутий період.;

$\sum L$ – сумарний пробіг ТЗ той же період, км.

Однак цей показник не враховує інтенсивність дорожнього руху (на різних вулицях різна кількість смуг руху в одному напрямку). З урахуванням середньодобової інтенсивності руху транспортних потоків за рік на ділянці магістралі довжиною L показник відносної аварійності на 1 млн. км. пробігу визначають за формулою [11]:

$$K_a = \frac{10^6 \cdot \sum n_{\text{ДТП}}}{365 \cdot N \cdot l}, \quad (3.10)$$

де N – середньодобова інтенсивність руху, авт./доб.;

L – довжина ділянки магістралі, км.

Недолік показників (3.9-3.10) в тому що, вони не враховують вагу ДТП. З метою обліку ваги наслідків, при порівняльній оцінці аварійності використовують коефіцієнт ваги ДТП. Вони визначаються, як відношення числа загиблих $\sum n_z$ до поранених $\sum n_p$ за певний період часу [11]:

$$K_T = \frac{\sum n_z}{\sum n_p}, \quad (3.11)$$

За даними офіційної статистики показник ваги ДТП коливається в різних країнах від 1/5 до 1/40. Слід враховувати, що на K_T впливає повнота охоплення ДТП з легкими тілесними ушкодженнями.

Наслідки від ДТП можна охарактеризувати, відношенням числа загиблих n_z або поранених n_p до загальної кількості ДТП [11]:

$$K_T^* = \frac{\sum n_z}{\sum n_{\text{ДТП}}}; \quad (3.12)$$

$$K_T^{**} = \frac{\sum n_p}{\sum n_{\text{ДТП}}}; \quad (3.13)$$

$$K_T^{***} = \frac{(\sum n_z + \sum n_p)}{\sum n_{\text{ДТП}}}, \quad (3.14)$$

де $\sum n_z$ – загальна кількість загиблих при ДТП;

$\sum n_p$ – загальна кількість поранених при ДТП.

Для оцінки ваги окремого виду ДТП (зіткнення перекидання та ін.) може бути використаний показник, що представляє відношення числа загиблих (поранених) до числа ДТП даного виду.

Щоб визначити втрати від ДТП, розроблені різні методики розрахунків матеріального збитку від ДТП. Загальний принцип їх наступний: втрати умовно ділять на прямі й непрямі. До прямих відносять [11]:

- пошкодження або знищення матеріальних цінностей;
- транспортування й відновлення транспортних засобів;
- ремонт дорожніх споруд, облаштуваність доріг;
- надання допомоги й лікування людей;
- виплата грошових компенсацій, пенсій постраждалим і їх родинам;
- затримки руху.

До непрямих – втрати, пов'язані з тимчасовою або повною втратою працездатності, тобто втрата частини національного доходу країни.

Для інтегральної оцінки небезпеки окремих ділянок ВДМ з урахуван-

ням ваги наслідків використовують показник небезпеки елемента ВДМ [25]:

$$K_I = \frac{\sum_{i=1}^5 P_i \cdot n_i}{365 \cdot l \cdot N}; \quad (3.15)$$

$$K'_I = \frac{\sum P_i \cdot n_i}{365 \cdot N}, \quad (3.16)$$

де P_i – показники ваги ДТП;

$P_1 = 1$ – з матеріальним збитком;

$P_2 = 1,2$ – з легкими тілесними пошкодженнями;

$P_3 = 28$ – з пораненнями, появами інвалідності;

$P_4 = 81$ – ДТП із загибеллю дорослої людини;

$P_5 = 106$ – ДТП із загибеллю дитини;

$n_1 \dots n_5$ – кількість ДТП відповідної групи за рік;

N – інтенсивність транспортного потоку, тис. авт./добу.

Якісний аналіз ДТП. Якісний аналіз ДТП проводиться з метою виявлення причин виникнення ДТП і оцінки ступеня впливу різних факторів на виникнення ДТП. Причини ДТП ділять на наступні групи [6, 20]:

1. Недотримання правил дорожнього руху учасниками ДР;
2. Неправильний вибір водіями режиму руху;
3. Зниження психофізіологічних функцій руху (перевтома, алкоголь, хвороба);
4. Незадовільний технічний стан ТЗ;
5. Неправильне розміщення й кріплення вантажу;
6. Незадовільне обладнання й стан елементів дороги;
7. Незадовільна організація дорожнього руху.

Незважаючи на це, ДТП рідко буває викликано однією причиною. Аналіз статистики ДТП показує, що на кожні 100 ДТП доводиться близько 250

причин і супутніх факторів. Простіше всього причину ДТП віднести до водія, його дій. Однак у системі ВАДС водій – лише елемент, який перебуває у функціональній залежності з іншими елементами. Водій не електронно-обчислювальна машина, що має чітку програму дій у всіх випадках (програми теж не досконалі). А ДР характеризується різноманіттям дорожньо-транспортних ситуацій. Тому неправильні дії водія часто пов'язані з іншими факторами, що ставляться до дороги або автомобіля.

У процесі якісного аналізу необхідно виявляти причинно-наслідкові зв'язки. У процесі розвитку ДТП діють різні причини, вплив яких неоднаковий. У різних фазах ДТП головні причини можуть ставати другорядними, що супроводжують, і навпаки. Статистика свідчить, що розподіл причин ДТП має наступний характер [6, 11, 14, 20, 23]:

- через неправильні дії людини – 60...70%;
- через незадовільний стан дорожніх умов, характеру руху – 20...30%;
- через технічну несправність автомобіля – 10..20%.

Топографічний аналіз ДТП – проводиться з метою виявлення місць концентрації ДТП у просторі. Застосовують три види топографічного аналізу: карта ДТП; лінійні графіки ДТП; масштабна схема ДТП (ситуаційний план) [11].

Карта ДТП – зображення місць ДТП на карті міста, району, у відповідних місцях, які в міру реєстрації наносять умовні позначки кожного ДТП. За допомогою умовних позначок показують місця ДТП по видах, по вазі і т.д. Позначення можна наносити постійними знаками (графічними символами) або наприклад прапорцями на шпильках. Приклад карти ДТП представлено на рис. 3.6. Карта є важливим джерелом наочної інформації, однак при аналізі значної по масштабах території й великої концентрації подій на окремих ділянках вона не дає можливості точно позначити місця ДТП.

Лінійний графік ДТП (рис. 3.7) є подальшим розвитком карти. Його будують для окремої магістралі міста або ділянки автомобільної дороги. Зрозуміло, що при цьому, масштаб може бути більшим, а прив'язка ДТП більш точною.

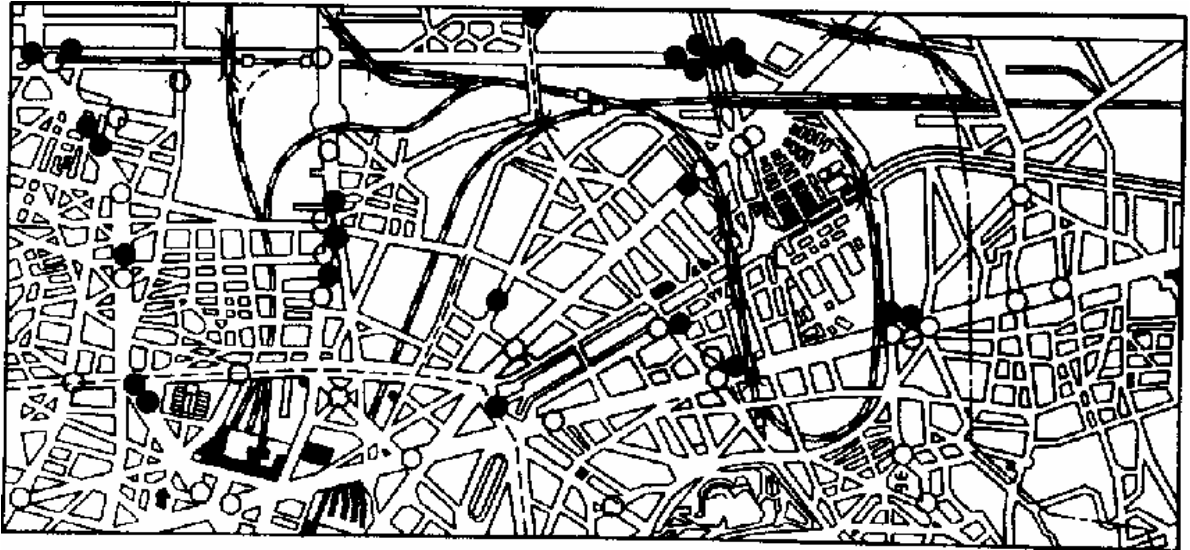


Рис. 3.6 – Карта ДТП

При складанні лінійного графіка для дороги із двобічним рухом можливе рознесення оцінок в обидва боки дороги, що характеризує транспортні потоки зустрічних напрямків. Цей графік використовують, коли потрібно виявити ділянки концентрації ДТП на вулиці, магістралі. Звичайно вважають, що при наявності трьох або більше ДТП у рік дане місце можна віднести до місця концентрації.

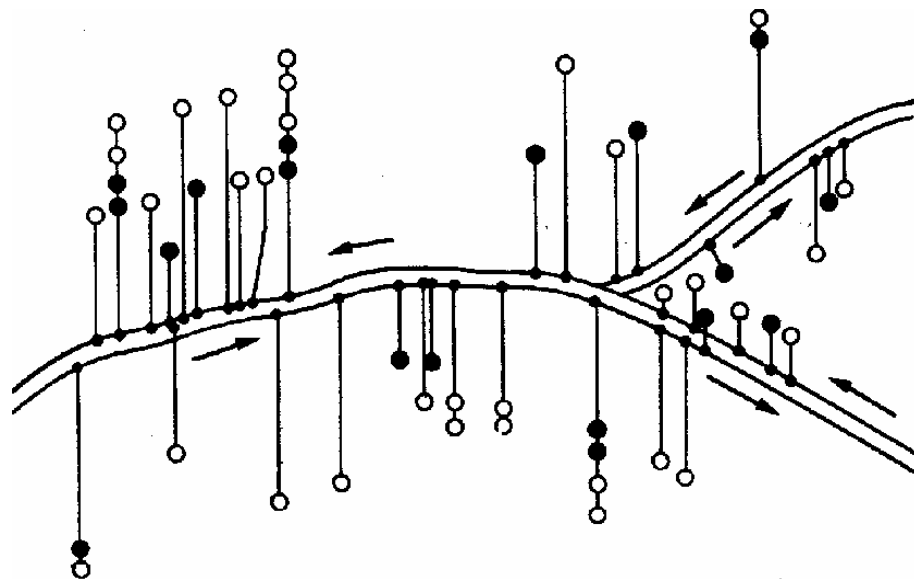
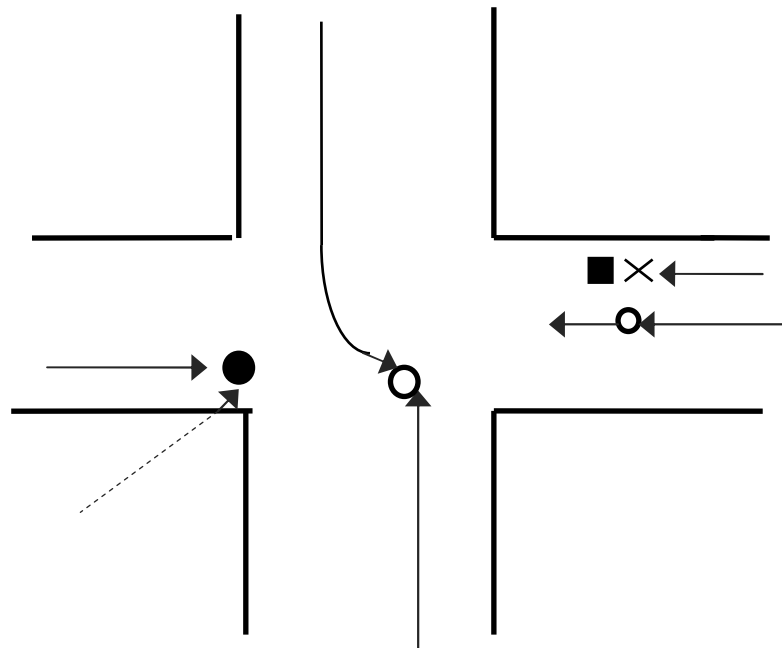


Рис. 3.7 – Лінійний графік ДТП

Масштабна схема ДТП (рис. 3.8) – картка обліку ДТП неповного виду. Зображується ділянка вулиці або дороги (перехрестя) і за допомогою умовних позначень вказується траєкторія руху автомобілів, місця ДТП, їх вага й вид, позначається дата й час виникнення ДТП. Ця схема використовується, коли потрібно виявити ділянки концентрації ДТП на вулиці або магістралі.



- де
- ← — напрям руху транспортних засобів;
 - ← — — напрям руху пішоходів;
 - — нерухомий транспортний засіб;
 - — ДТП з загибеллю людей;
 - — ДТП з пораненими;
 - × — ДТП з матеріальним збитком.

Рис. 3.8 – Масштабна схема місця скоєння ДТП

Вважають, що при наявності трьох або більш ДТП за рік, місце скоєння ДТП можна віднести до місця концентрації. Кожне ДТП (рис. 3.8) позначається символом, який показує вагу наслідків. Стрілки вказують напрямку руху учасників події. На основі цієї схеми одержують інформацію для прийняття рішень з удосконалення організації дорожнього на перехресті.

Вихідні дані

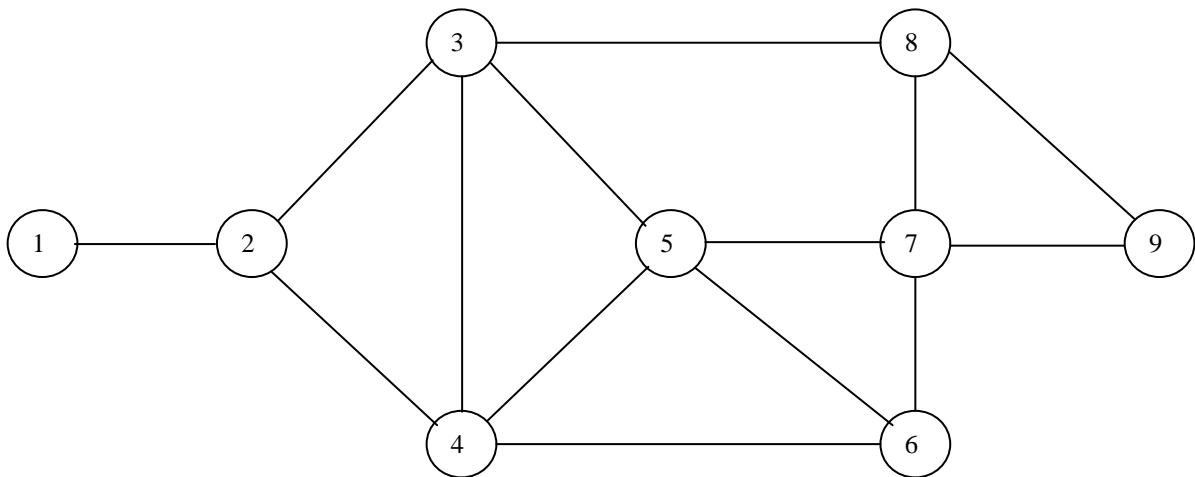


Рис. 3.9 – Схема транспортної мережі

Схема транспортної мережі представлена на рис. 3.9. Вихідні дані наведені в табл. В.7 – В.12.

Завдання

1. Визначити добову інтенсивність руху транспортних потоків на кожному перехресті.
2. Розрахувати показник відносної аварійності для кожного перехрестя.
3. Розрахувати інтенсивність руху для ділянок мережі.
4. Визначити для кожної ділянки показники відносної аварійності.
5. Визначити найнебезпечніше перехрестя і ділянку транспортної мережі.

Вказівки до виконання завдання

У цьому підрозділі необхідно виконати кількісний аналіз ДТП, що сталися на транспортній мережі району перевезень за рік. В результаті здійснення кількісного аналізу визначають найнебезпечніше перехрестя й найнебезпечнішу ділянку транспортної мережі.

Для встановлення найнебезпечнішого перехрестя необхідно за даними інтенсивності руху на дугах мережі визначити добову інтенсивність руху транспортних потоків на кожному перехресті. Її визначають шляхом підсумовування інтенсивностей на дугах, що примикають до даного перехрестя. Причому підсумують значення інтенсивностей, «вхідних» у перехрестя або «вихідних» з нього. Таким чином, наприклад для перехрестя № 2 одержимо:

$$N_2 = N_{1-2} + N_{3-2} + N_{4-2}. \quad (3.17)$$

Аналогічно виконують розрахунок інтенсивностей для інших перехресть. Результати зводять у підсумкову табл. 3.2.

Далі визначають показник відносної аварійності для кожного перехрестя за формулою [11]

$$K_{ai} = \frac{n_{ДТПi} \cdot \kappa_n \cdot 10^6}{365 \cdot N_i}, \quad (3.18)$$

де $n_{ДТПi}$ – кількість ДТП за рік на перехресті i , од.;

κ_n – коефіцієнт добової нерівномірності руху, $\kappa_n = 0,1$ [11];

N_i – інтенсивність руху на перехресті i , авт./доб.

Розрахунок показника аварійності для всіх перехресть зводять у підсумкову табл. 3.2. Наприклад, значення добової інтенсивності руху транспортних потоків і показника відносної аварійності для перехрестя № 2 становить:

$$N_2 = 500 + 600 + 800 = 1900;$$

$$K_{a2} = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 10^6}{365 \cdot 1900} = 0,29.$$

Таблиця 3.2

Характеристика аварійності на перехрестях мережі

Перехрестя	Добова інтенсивність руху, авт./доб.	Кількість ДТП за рік, од.	Показник відносної аварійності, ДТП/1 млн. авт.
1	600	0	0
2	1900	2	0,29
3	1600	8	1,37
4	2100	5	0,65
5	1900	2	0,29
6	1450	15	2,83
7	1800	7	1,06
8	1000	11	3,01
9	650	0	0

Найнебезпечнішу ділянку транспортної мережі визначають в наступному порядку. За даними щодо кількості ДТП на дугах мережі обчислюють значення K_a кожної ділянки. Для цього обчислюють коефіцієнт відносної аварійності на ділянці $i-j$ та до неї додають значення коефіцієнтів аварійності для перехресть входних у ділянку. Інтенсивність руху для ділянки мережі визначають як суму інтенсивностей у прямому й зворотному напрямках:

$$N_{ai-j} = N_{i-j} + N_{j-i}. \quad (3.19)$$

Для кожної ділянки мережі визначають показники відносної аварійності K_{ai-j} , ДТП/1млн.авт., K'_{ai-j} ДТП/1 млн.авт.км., K''_{ai-j} ДТП/км. за формулами (3.20-3.22) [11].

$$K_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j} \cdot \kappa_n \cdot 10^6}{365 \cdot N_{ai-j}}; \quad (3.20)$$

$$K'_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j} \cdot \kappa_n \cdot 10^6}{365 \cdot N_{ai-j} \cdot l_{i-j}}, \quad (3.21)$$

де l_{i-j} – довжина дуги, км.

$$K''_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j}}{l_{i-j}}. \quad (3.22)$$

Наприклад значення інтенсивності руху і показників відносної аварійності K_{ai-j} , ДТП/1млн.авт., K'_{ai-j} , ДТП/1 млн.авт.км., K''_{ai-j} , ДТП/км. для ділянки мережі 2–3 (див. рис. 3.9) становить:

$$N_{2-3} = 800 + 600 = 1400;$$

$$K_{a2-3} = \frac{5 \cdot 0,1 \cdot 10^6}{365 \cdot 1400} = 0,98;$$

$$K'_{a2-3} = \frac{5 \cdot 0,1 \cdot 10^6}{365 \cdot 1400 \cdot 0,8} = 1,2;$$

$$K''_{a2-3} = \frac{5}{0,8} = 6.$$

Таблиця 3.3

Характеристика аварійності на ділянках мережі

Дуга	Довжина дуги, км.	Добова інтенсивність руху, авт./доб.	Показники відносної аварійності		
			K_{ai-j} , ДТП/10 ⁶ авт.	K'_{ai-j} , ДТП/10 ⁶ авт.км.	K''_{ai-j} , ДТП/км.
1–2	1,2	1100	0	0	0
2–3	0,8	1400	0,98	1,2	6
2–4	2,3	1300	0,6	0,3	1
3–4	1,6	700	0,4	0,2	1
3–5	2,3	400	3,4	1,5	2
3–8	1,3	700	2,3	1,8	5
4–5	0,6	1150	0,7	1,2	5
4–6	3,4	1050	1,8	0,5	2
5–6	1,6	1100	0,2	0,2	1
5–7	0,6	1150	0,5	0,8	3
6–7	2,1	750	2,9	1,4	4
7–8	2,4	800	2,7	1,1	3
7–9	0,6	900	0,9	1,5	5
8–9	3,6	500	1,1	0,3	1

За даними табл. 3.2 і 3.3 треба визначити найнебезпечніше перехрестя і ділянку транспортної мережі.

Питання для самоперевірки та контролю знань

1. У чому полягає сутність кількісного аналізу ДТП?
2. З яких показників складається кількісний аналіз ДТП?
3. Що розуміють під інтенсивністю руху транспортного потоку?
4. За якими критеріями визначають найнебезпечніше перехрестя й найнебезпечнішу ділянку транспортної мережі?
5. Що відносять до прямих і непрямих витрат при скоєнні ДТП?













3.4. Аналіз конфліктності транспортних потоків на перехрестях

Мета: набути практичні навички з визначення ступеня небезпеки перехрестя на основі аналізу конфліктних точок.

Теоретична частина

Розподіл транспортних потоків за різними напрямками руху спонукає зниження середньої швидкості і виникнення конфліктних ситуацій в конфліктних точках (див. табл. 3.4, рис. 3.10). Місця виникнення конфліктних ситуацій де перетинаються, зливаються або розділяються траєкторії руху потоків називають конфліктними точками. Зони конфліктних ситуацій характеризуються збільшенням часу затримок транспортних засобів і великою вірогідністю виникнення ДТП. Для порівняльної оцінки складності і потенційної небезпеки перетинів застосовують різні підходи [11, 14, 25].

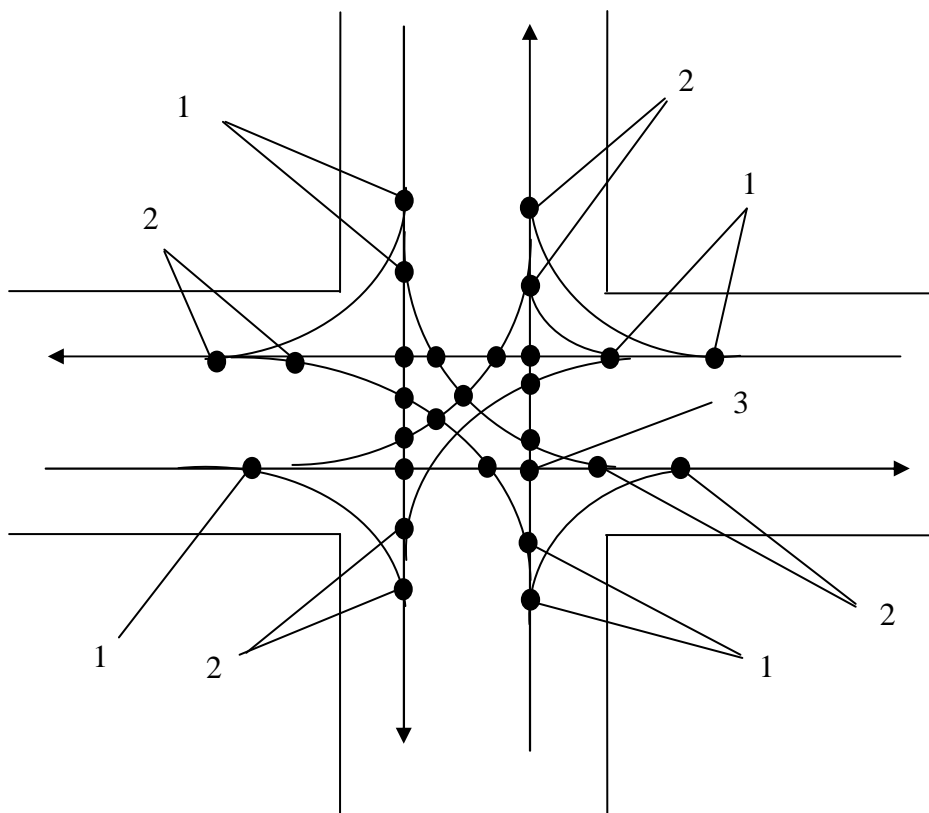
Види конфліктних точок [11, 14, 25]

Вид маневру	Схема взаємодії потоків			
Відхилення				
Злиття				
Перетинання				

Так оцінка складності перехрестя за п'ятибальною системою заснована на обчисленні показника складності [11]

$$m = \sum n_g + 3 \sum n_z + 5 \sum n_n, \quad (3.23)$$

де n_g , n_z , n_n – відповідно кількість конфліктних точок відхилення, злиття, перетинання. При цьому відхилення оцінюють 1 балом, злиття – 3 і перетинання – 5.



де – 1, 2, 3 конфліктні точки: 1 – відхилення; 2 – злиття; 3 – перетинання

Рис. 3.10 – Конфліктні точки на нерегульованому перехресті

Якщо $m < 40$, то вузол простий; якщо $40 < m < 80$ – вузол середньої складності; якщо $80 < m < 150$ – вузол складний, а при $m > 150$ – дуже складний [11].

Взаємодія транспортних засобів на дорогах є складним явищем. Спрощені оцінки конфліктних ситуацій не дозволяють визначати небезпеки перетину з урахуванням інтенсивностей руху. Більш точною для оцінки складності перехрестя є формула (3.24). Ця формула дає можливість оцінити складність перехрестя з урахуванням інтенсивності руху. При цьому вірогідність зіткнень транспортних засобів при маневрах пропорційна інтенсивності руху взаємодіючих транспортних потоків [25].

$$m = \sum n_{\sigma} \sigma_{N_{\sigma}} + 3 \sum n_z \sigma_{N_z} + 5 \sum n_n \sigma_{N_n}, \quad (3.24)$$

де $\sigma_{N_{\sigma}}$, σ_{N_z} , σ_{N_n} – коефіцієнти, що враховують вплив інтенсивності транспортних потоків в конфліктних ситуаціях: відхилення, злиття, перетинання [25].

$$\sigma_N = K \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} M_i M_j, \quad (3.25)$$

де K – коефіцієнт пропорційності;

M_i – інтенсивність i -го конфліктуючого напрямку;

M_j – інтенсивність j -го конфліктуючого напрямку.

Якщо перехрестя складне чи дуже складне і небезпечне чи дуже небезпечне, необхідно передбачити заходи щодо підвищення безпеки руху. Можна запропонувати наступні заходи: встановити дорожні знаки і світлофори, нанести додаткову дорожню розмітку, передбачити одnobічний рух чи перетинання в різних рівнях (якщо це можливо) [14].

Безпека руху на транспортних розв'язках залежить від схеми руху транспортних потоків. Небезпеку для руху представляють зони де можливі кон-

флікти між транспортними потоками. На транспортних розв'язках є два типи таких зон – розділення потоків і злиття. Найнебезпечнішими є конфліктні точки розділення потоків. Різниця в швидкостях руху прямого і повертаючого потоків досить значна, тому що повертаючі автомобілі починають зниження швидкостей руху ще в основному потоці. Якщо це зниження перевищує 20% від швидкості руху основного потоку то рух стає небезпечним. Практика показує, що перехідно-швидкісні смуги знижують небезпеку конфліктних точок розділення потоків в 1,5–2,0 рази [1, 14].

Ступінь небезпеки перетинання оцінюють показником безпеки руху k_a . Він характеризує очікувану кількість ДТП на 10 млн. автомобілів, які пройшли через перетин дороги [14]

$$k_a = \frac{M \cdot 10^7 \cdot k_p}{(N_1 + N_2) \cdot 25}, \quad (3.26)$$

де $M = \sum_{i=1}^n T_i$ – ймовірна кількість ДТП на перетинанні за один рік (де n – число конфліктних точок на перетинанні, T_i – ступінь небезпеки кожної конфліктної точки);

N_1 – сумарна інтенсивність на головній дорозі, авт./доб.;

N_2 – сумарна інтенсивність на другорядній дорозі, авт./доб.;

k_p – коефіцієнт річної нерівномірності руху.

Безпечним перехрестя вважається, якщо $T_i < 3$; мало безпечним, якщо $T_i = 3,1 \dots 8,0$; небезпечним, якщо $T_i = 8,1 \dots 12$; дуже небезпечним, якщо $T_i > 12$.

Ступінь небезпеки кожної конфліктної точки залежить від інтенсивності руху транспортних потоків [14]:

$$T_i = k_i (N'_s + N''_s) \cdot k_p \cdot 10^{-7}, \quad (3.27)$$

де $N'_s + N''_s$ – інтенсивність руху пересічних транспортних потоків, авт./доб. у конфліктній точці;

k_i – відносна аварійність конфліктних точок на перехрестях.

Небезпека точок злиття викликана різницею швидкостей прямого і повертаючого потоків. Проте питання пріоритетності руху в цих конфліктних точках вирішене чітко і однозначно – перевагу проїзду мають транспортні засоби, що рухаються в прямому напрямі. Тому виїзд повертаючого автомобіля практично не буває несподіваним: водій основного напрямку майже завжди має можливість уникнути наїзд на автомобіль, що вливається. Винятки становлять випадки підвищеної ковзкості проїзної частини в певні періоди року, грубих порушень правил дорожнього руху водіями повертаючих автомобілів і неувважності водіїв основного напрямку.

Безпека руху в прямому напрямі на транспортних розв'язках залежить від швидкості руху. Якщо зниження швидкості викликане плануванням розв'язки і не перевищує 20% то умови руху в прямому напрямі в зоні транспортної розв'язки безпечні. Це положення розповсюджується на смуги руху, не пов'язані з входом і виходом повертаючих потоків. За показником T (3.27) оцінюється складність перехрестя. Однак така оцінка не враховує інтенсивності транспортних потоків, що досить важливо. Тому вводять показник – індекс інтенсивності [18], що розраховується за формулою

$$\delta = 0,01 \cdot (N_1 + N_2), \quad (3.28)$$

де N_1 і N_2 – інтенсивності потоків, що конфліктують.

Але навіть при такому підході, якщо одна з інтенсивностей дорівнює нулю то запропонована методика залишає ступінь конфлікту, хоча в реальності конфліктної ситуації не існує.

Один з методів удосконалення методики конфліктних точок запропонований проф. Клинковштейном Г.І. [11]. Цей метод базується на використанні

модифікованого показника конфліктного завантаження, який обчислюється за формулою

$$M = \sum_{i=1}^n N_i^{\partial p} P_i, \quad (3.29)$$

де $N_i^{\partial p}$ – інтенсивність транспортних засобів на i –му другорядному напрямку, авт./год.;

P_i – імовірність наявності перешкод у будь-який момент часу для руху транспортних засобів в i – му другорядному напрямі;

n – загальна кількість другорядних напрямів на перехресті.

В загальному випадку транспортні засоби, які проходять перехрестя в i – му другорядному напрямі мають декілька конфліктних точок, де потік, який конфліктує є пріоритетом. Тому ймовірність P_i доцільно обчислювати за формулою [18]

$$p_i = 1 - \prod_{j=1}^{m_i} q_j(N_j^{\text{zol}}, t_j^{\partial p}), \quad (3.30)$$

де m_i – кількість зазначених конфліктних точок;

$q_j(N_j^{\text{zol}}, t_j^{\partial p})$ – ймовірність того, що будь-який інтервал між транспортними засобами в потоці з інтенсивністю N_j^{zol} на головному напрямі не менше граничного значення інтервалу, який придатний для здійснення відповідного маневру транспортного засобу з другорядного напрямку $t_j^{\partial p}$.

Таким чином розраховується сумарний показник конфліктного завантаження, що дозволяє зробити певний висновок про потенційну конфліктність перехрестя. Автори констатують, що рішення про заборону окремих напрямів повинно прийматись, виходячи з вимоги зниження показника M до придатного рівня. Однак, яким чином знижувати показник M , і який рівень вважається

придатним не зазначається [18]. Така оцінка складності перехрестя, яка враховує тільки характеристики транспортного потоку не дає повної картини для вибору керуючих впливів, тому що перехрестя – складна система, що характеризується не тільки процесом руху, а також багатьма іншими факторами: дорожні умови, існуюча забудова, видимість, схема ОДР і ін.

В роботі [25] автор запропонував врахувати пішохідні потоки за допомогою введення кількох показників відносної небезпеки:

$$K_1 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i k_i}{A \sum_{j=0}^m N_j l_j}; \quad (3.31)$$

$$K_2 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i k_i}{N_j l_j}; \quad (3.32)$$

$$K_3 = \frac{M \sum_{i=0}^n R_i k_i}{U l_j}, \quad (3.33)$$

де K_i – показники відносної небезпеки;

R_i – кількість ДТП по окремим групам в рік;

k_i – важкість ДТП окремих груп;

N_i – обсяги руху транспорту, авт./год.;

l_i – довжина вулиць, які проходять по району;

A – кількість мешканців району, тис.;

M – множник для приведення відносного показника до зручного виду;

U – кількість порушників на 100 м. вулиці, люд./год.

Тобто вище приведені показники дозволяють оцінити ступінь потенційної небезпеки в районі міста з урахуванням пішохідного руху. Цей

метод вимагає проведення значного обсягу статистичних досліджень, і крім того величини, які є вихідними даними, мають тенденцію дуже швидко змінюватися (наприклад, кількість мешканців району), що призводить до частого повторення процесу обчислення показника K . Слід також зазначити, що частіше виникає завдання визначення потенційної небезпеки конкретного перехрестя, що робить не досить зручним використання цього методу.

Більш повний метод дослідження запропонований проф. Лобановим Є.М. [14]. Оцінка БР на перехрестях за допомогою цього методу, базується на використанні результатів аналізу статистичних даних про ДТП. Цей метод побудований на тому, що кожна з конфліктних точок на перехресті представляє тим більшу небезпеку, чим більше інтенсивність транспортних потоків, які перетинаються у цій точці. Для міських транспортних розв'язок, крім небезпеки конфліктних точок, також необхідно оцінювати безпеку пішохідного руху.

Вихідні дані

Вихідні дані подані у дод. Г.

Завдання

1. Розрахувати ступінь небезпеки кожної i -ї конфліктної точки регульованого перехрестя.
2. Розрахувати ступінь небезпечності перехрестя.
3. Розрахувати можливу кількість ДТП.
4. Зробити висновок про небезпечність перехрестя.

1. Аналіз конфліктних точок виконують з метою оцінки і прогнозування аварійності на перехрестях. На регульованих перехрестях переважають два види ДТП: наїзд на автомобіль, що різко зупинився, і зіткнення з автомобілем, що рухався на забороняючий сигнал світлофору. Для визначення ступеня небезпеки перехрестя зі світлофорним регулюванням спочатку необхідно виявити кількість конфліктних точок різноманітних типів у кожній фазі регулювання. З цією метою слід зобразити схему перехрестя, вказавши на ній траєкторію дозволених маневрів і ряди руху. Встановивши характер взаємодії потоків, можна розрахувати ступінь небезпеки кожної i -ї конфліктної точки регульованого перехрестя [14]:

$$g_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 10^{-2}, \quad (3.34)$$

де K_i – відносна аварійність (небезпека) конфліктної точки, ДТП / 10^6 авт. Значення K_i приймаються за допомогою табл. Г.4. [14].;

M_i, N_i – інтенсивності пересічних потоків у даній точці, авт./год.

2. Можливе число наїздів на автомобілі при підході до стоп-лінії визначають за формулою [14]

$$g_H = K_H \cdot (M_{\text{тсум}} + N_{\text{тсум}}) \cdot 10^{-2}, \quad (3.35)$$

де $K_H = 0,012425$ – небезпека наїздів біля стоп-лінії, ДТП / 10^6 авт. [14];

$M_{\text{тсум}}, N_{\text{тсум}}$ – сумарні годинні інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті, авт./год.

Можливу кількість ДТП на перехресті за рік без урахування ДТП із пішоходами розраховують за залежністю [14]

$$G_p = -0,468 + g_H + \sum_{i=1}^n g_i, \quad (3.36)$$

де n – кількість точок, де конфліктують транспортні потоки.

Можлива кількість ДТП із пішоходами на перехресті за рік [14]

$$G_{II} = 0,0025 + 0,00092 \sum_{i=1}^n \left(N_{Ti} \cdot \sqrt[4]{N_{Pi}} \right), \quad (3.37)$$

де N_{Ti} – годинна інтенсивність руху транспортних потоків у конфліктній точці пішохідного переходу, авт./год.;

N_{Pi} – годинна інтенсивність руху пішоходів у конфліктній точці пішохідного переходу, піш./год.;

k – кількість точок, де конфлікують транспортні та пішохідні потоки.

Загальна кількість ДТП на перехресті за рік [14]

$$G = G_p + G_{II}. \quad (3.38)$$

3. Ступінь небезпечності перехрестя (K_a), яким оцінюють рівень забезпечення безпеки руху на перехресті розраховують за формулою [14]

$$K_a = \frac{G \cdot K_p \cdot 10^7}{25 \cdot (M_{\text{сум}} + N_{\text{сум}})}, \quad (3.39)$$

де $M_{\text{сум}}, N_{\text{сум}}$ – добові інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті, авт./доб.

Визначити $M_{\text{сум}}, N_{\text{сум}}$ можливо за допомогою коефіцієнта нерівномірності руху протягом доби – k_n (рекомендується прийняти $k_n = 0,1$), [14].

$$M_{\text{сум}} = \frac{M_{\text{тсум}}}{k_H}; \quad (3.40)$$

$$N_{\text{сум}} = \frac{N_{\text{тсум}}}{k_H}. \quad (3.41)$$

4. Висновки про небезпеку перехрестя роблять за значенням K_a . Якщо $K \leq 3$, то перехрестя не небезпечне; якщо $3 < K \leq 8$ – перехрестя мало небезпечне; якщо $8 < K \leq 12$ – перехрестя небезпечне; якщо $K > 12$ – перехрестя дуже небезпечне [14].

Наприклад для перехрестя (рис. 3.11–3.12) ступінь небезпеки кожної конфліктної точки, можливе число наїздів на автомобілі при підході до стоп-лінії, можлива кількість ДТП на перехресті за рік без урахування ДТП із пішоходами, загальна кількість ДТП та ступінь небезпечності перехрестя становлять:

$$g_1 = 0,0001 \cdot 60 \cdot 850 \cdot 10^{-2} = 0,51;$$

$$g_2 = 0,000048 \cdot 60 \cdot 850 \cdot 10^{-2} = 0,2448;$$

$$g_3 = 0,0001 \cdot 60 \cdot 730 \cdot 10^{-2} = 0,438;$$

$$g_4 = 0,000048 \cdot 80 \cdot 730 \cdot 10^{-2} = 0,28032;$$

$$g_5 = 0,000968 \cdot 80 \cdot 90 \cdot 10^{-2} = 0,69696;$$

$$g_6 = 0,000048 \cdot 510 \cdot 90 \cdot 10^{-2} = 0,22032;$$

$$g_7 = 0,0001 \cdot 510 \cdot 150 \cdot 10^{-2} = 0,765;$$

$$g_8 = 0,000048 \cdot 590 \cdot 150 \cdot 10^{-2} = 0,4248;$$

$$g_9 = 0,0001 \cdot 590 \cdot 90 \cdot 10^{-2} = 0,531.$$

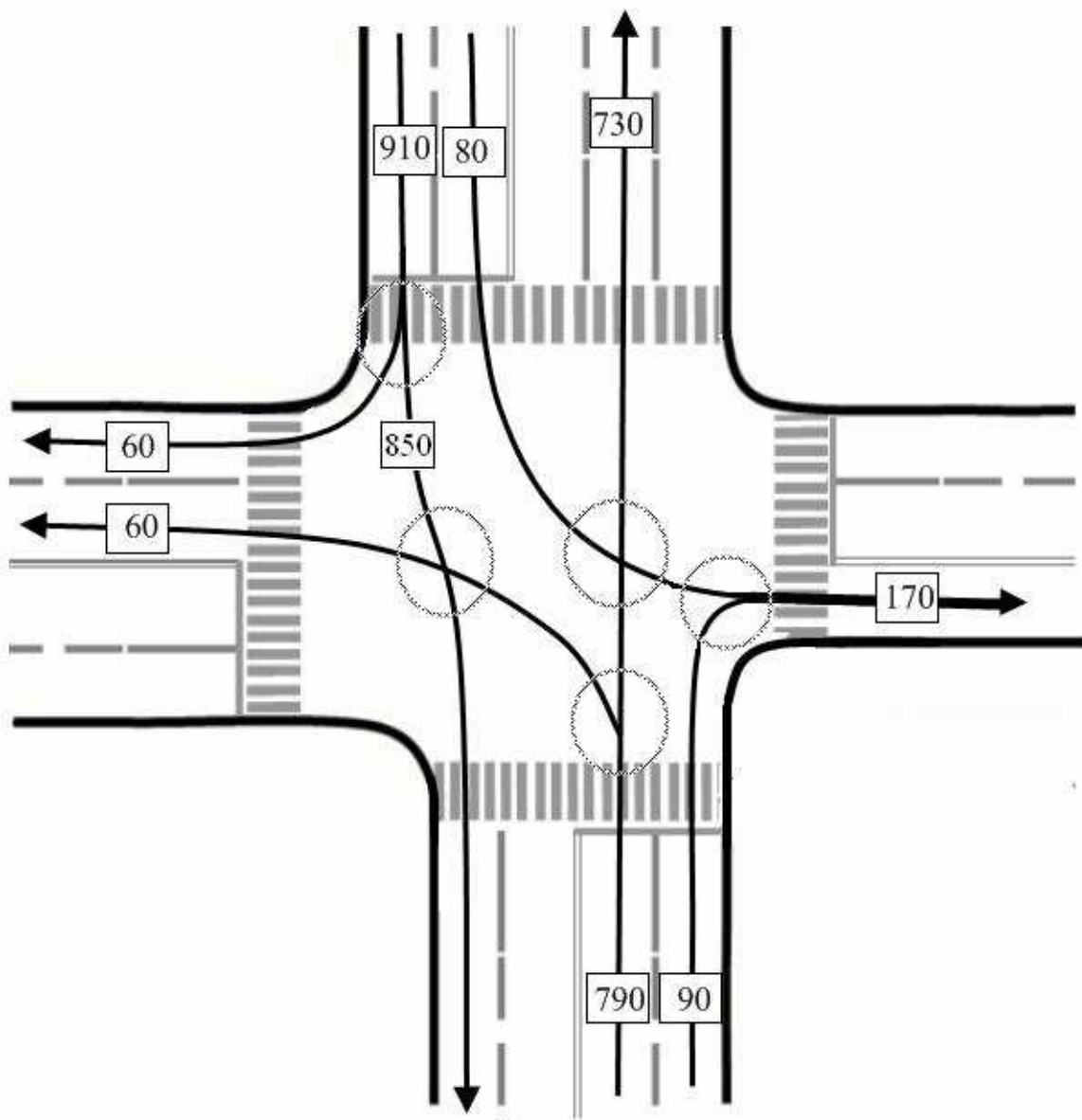
$$g_n = 0,012425 \cdot (1870 + 1530) \cdot 10^{-2} = 4,2245 \approx 4.$$

$$G_p = -0,468 + 4,2245 + 4,1112 = 7,8677;$$

$$G_{II} = 0,0025 + 0,00092 \cdot (200 \cdot \sqrt[4]{690} + 230 \cdot \sqrt[4]{820}) = 2,0771;$$

$$G = 7,891 + 2,0771 = 9,9448 \approx 10.$$

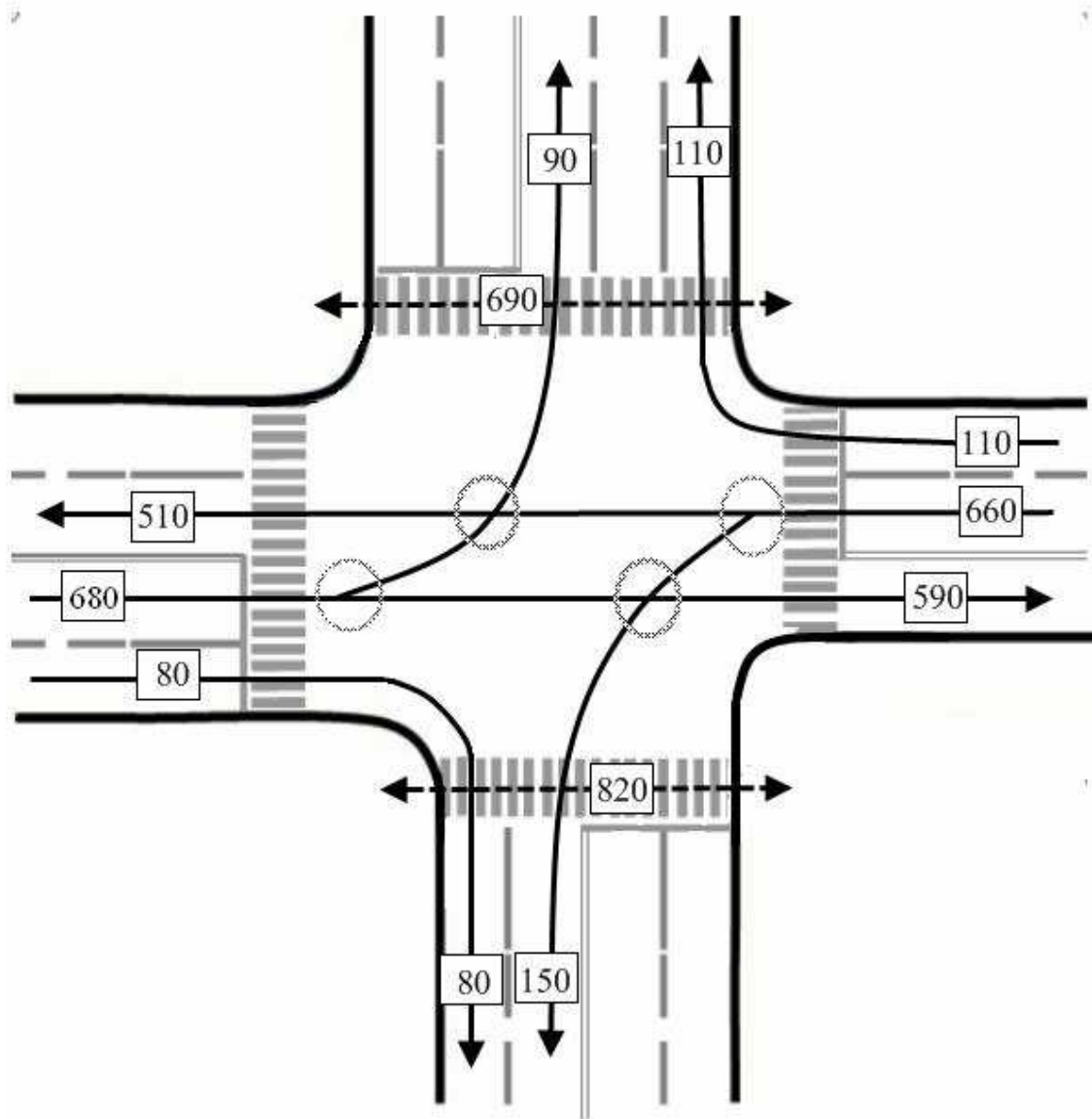
$$M_{cum} = \frac{1870}{0,1} = 18700.$$



Умовні позначення:

- - дозволені напрямки руху транспортних потоків;
- - конфліктні точки;
- 790 - інтенсивність руху транспортних (пішохідних) потоків, авт/год (піш/год).

Рис. 3.11 – Схема руху транспортних і пішохідних потоків у першій фазі регулювання



Умовні позначення:

- - дозволені напрямки руху транспортних потоків;
- - -→ - дозволені напрямки руху пішохідних потоків;
- - конфліктні точки;
- 790 - інтенсивність руху транспортних (пішохідних) потоків, авт/год (піш/год).

Рис. 3.12 – Схема руху транспортних і пішохідних потоків у другій фазі регулювання

$$N_{\text{сум}} = \frac{1530}{0,1} = 15300;$$

$$K_a = \frac{9,9448 \cdot 0,1 \cdot 10^7}{25 \cdot (18700 + 15300)} = 11,6998.$$

Отже $K_a = 11,6998$, це значення потрапляє в діапазон $8 < 11,6998 \leq 12$, тобто перехрестя відноситься до ряду небезпечних.

Питання для самоперевірки й контролю знань

1. Для чого потрібно прогнозувати ступінь небезпеки перехрестя?
2. Чим керуються при визначенні можливої кількості виникнення ДТП на перехресті?
3. За яким значенням роблять висновок про небезпеку перехрестя?
4. Які існують види конфліктних точок на перехресті?
5. Як визначити складність перехрестя?

4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

4.1. Визначення пропускної здатності на нерегульованому перехресті та кільцевих вузлах

Мета: набуття навичок з визначення пропускної здатності на нерегульованому перехресті та кільцевих вузлах.

Теоретична частина

Планувальні рішення транспортних вузлів залежать від класу магістралей утворюючих вузол та їхнього транспортного завантаження. Розрахунок пропускної здатності і рівнів завантаження необхідні для вибору найбільш раціонального способу організації руху при інтенсивності транспортних потоків, що склалась. В основу розрахунку пропускної здатності нерегульованих і саморегульованих вузлів покладена теорія руху транспортних потоків, що визначає закономірності розподілу інтервалів між автомобілями в транспортному потоці.

Пропускна здатність регульованих вузлів визначається пропускною здатністю магістралі в перетині стоп-лінії. Вона визначається пропускною здатністю однієї смуги, кількістю смуг руху, організацією руху у вузлі і режимом регулювання.

Розглянемо можливі схеми організації руху при 2, 3 і 4 – тактному регулюванні на перехресті. Пропускну здатність визначаємо для різної ширини проїзної частини і різних умов організації і регулювання руху на перехресті.

Для визначення пропускної здатності перехрестя необхідно розглянути розрахункову схему руху автомобілів по пересічних вулицях. Ця схема (рис. 4.1) полягає в наступному: так, як пересічні вулиці діляться на головну і другорядну, то перевага проїзду надана головною дорогою. Тому, автомобілі другорядного напрямку перетинають головний потік лише за наявності в

ньому достатньо великих проміжків часу для маневрування. Відповідно до даних спостережень [5] проміжок в головному потоці (Δt_{zl}) вважається достатнім для виконання маневру автомобілем другорядного напрямку за умови, якщо $\Delta t_{zl} > \Delta t_{gp}$, де Δt_{gp} – граничний інтервал між автомобілями в потоці на головній вулиці при появі якого автомобіль, що чекає на другорядній вулиці може виконати маневр перетину або злиття. У головному потоці є інтервали між автомобілями різної довжини, тому можуть з'являтися Δt_{zl} у декілька разів більші, ніж Δt_{gp} . У цьому випадку за час одного проміжку можуть пройти декілька автомобілів другорядного напрямку. Кількість автомобілів другорядної вулиці, що пройшли через основний потік протягом одного інтервалу Δt_{zl} , залежить від його тривалості. Величина цього інтервалу визначається з урахуванням того, що він буде прийнятний більш ніж для 85% водіїв і рівний $\Delta t_{gp} = 6,5$ с. (рис. 4.2) [5].

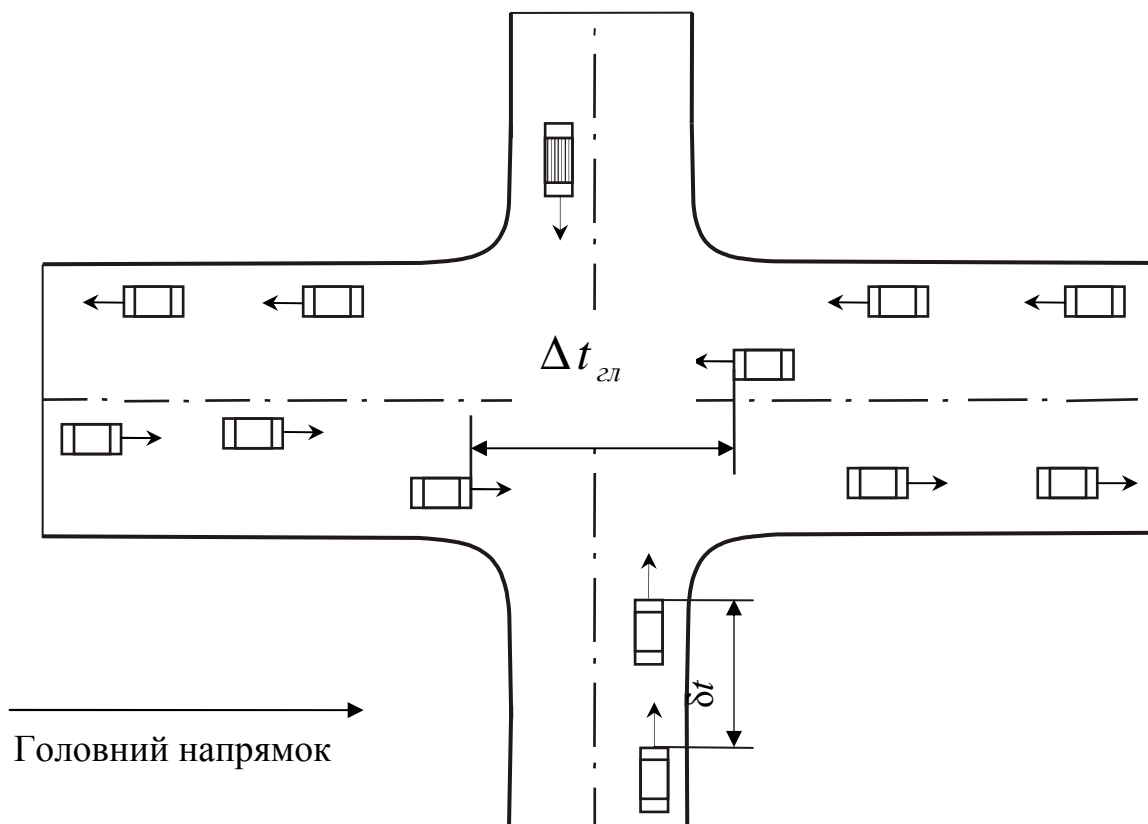
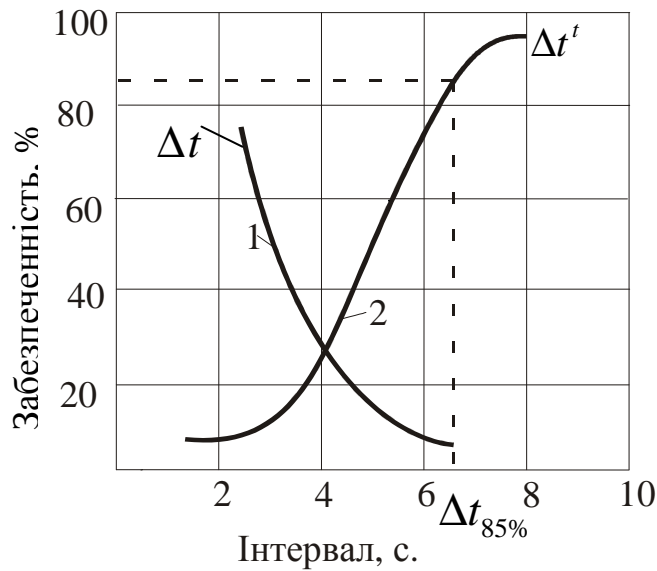


Рис. 4.1 – Розрахункова схема



де 1 – знехтувані інтервали; 2 – прийняті інтервали.

Рис. 4.2 – Визначення граничного інтервалу [5]

Загальне число всіх автомобілів другорядного напрямку, що пройшли за час інтервалів $\Delta t_{zl} > \Delta t_{zp}$, дасть пропускну здатність перетину при заданій інтенсивності головного напрямку. Знаючи функцію розподілу інтервалів в основному потоці, можна визначити кількість інтервалів різної тривалості (Δt_{zl}) для пропуску i -ї кількості автомобілів i , отже, пропускну здатність другорядного напрямку за формулою [14]

$$P_{dp} = N \cdot e^{-m\Delta t_{zp}} / (1 - e^{-m\delta t}), \quad (4.1)$$

де P_{dp} – максимальна пропускну здатність однієї смуги руху другорядного напрямку;

N – інтенсивність руху автомобілів по головній вулиці в двох напрямках;

e – основа натурального логарифма;

m – математичне очікування числа автомобілів в даному напрямку в одиницю часу (у секунду), визначається за формулою (4.2) [14];

δt – інтервали між автомобілями, що входять в перетин з другорядної вулиці. Згідно з [14] δt змінюється в межах від 4,2 до 2,2 с. При збільшенні кількості легкових автомобілів δt зменшується (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Інтервали між автомобілями другорядного напрямку [5]

Склад потоків, що перетинаються	Довжина лінії злиття, м.		
	30–40	50–75	більше 150
	Інтервали δt , с.		
100 % вантажних	4,2	3,8	3,6
10 % легкових	4,1	3,7	3,5
25 % легкових	3,95	3,55	3,3
50 % легкових	3,7	3,3	2,9
75 % легкових	3,4	3,1	2,6
100 % легкових	3,1	2,8	2,2

Величина граничного інтервалу визначається залежно від швидкості руху в зоні переплетення і довжини лінії злиття (табл. 4.2) [5].

Таблиця 4.2

Величина граничного інтервалу [21]

Швидкість руху в зоні перетинання, км./год.	Довжина лінії злиття, м.		
	35	55	130–185
	Інтервали Δt_{ep} , с		
20	9,0	8,4	7,8
30	7,0	5,8	4,0
40	7,0	4,0	3,5
50	9,0	6,4	4,5
60	12	9,0	6,8
70	–	12	9,2

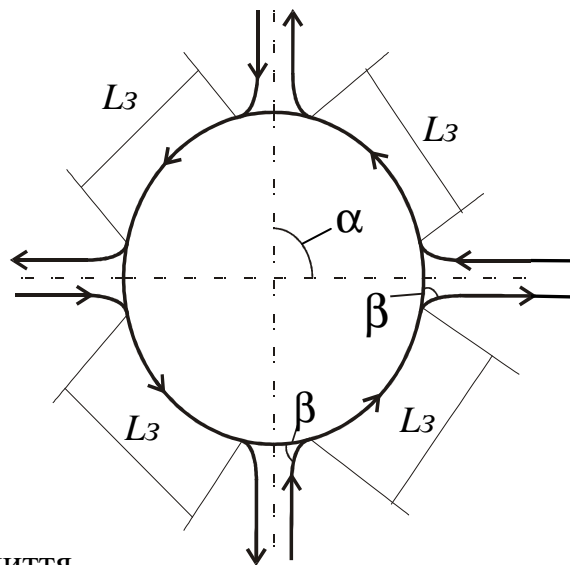
Математичне очікування числа автомобілів певного напрямку в одиницю часу визначається за формулою

$$m = N / 3600. \quad (4.2)$$

Пропускна здатність кільцевих саморегульованих вузлів. Кільцевим саморегульованим вузлом називається такий вузол, в якому рух транспортних засобів здійснюється навколо центрального острівця в одному напрямку проти годинникової стрілки. На перетині транспортні потоки під час руху перетво-

рені в злиття або відхилення під кутом (рис. 4.3). Частина кільцевого проїзду на якому зливаються і розплітаються транспортні потоки називається лінією злиття (рис. 4.3, 4.4). Під час злиття відбувається зміна смуг і напрямку руху.

Пропускна здатність кільцевого саморегульованого вузла визначається пропускною здатністю лінії злиття. Вона визначається на підставі теорії транспортних потоків як для ділянки переплетення. На ділянках переплетення напрямки діляться на головний і другорядний. Маневр переплетення належить до найбільш складних і складається з трьох видів маневрувань: злиття, зміни смуги і виходу з потоку [14].



де L_z – лінія злиття.

Рис. 4.3 – Геометрична схема кільцевого саморегульованого вузла

Безпека руху і пропускна здатність ліній злиття визначаються їх довжиною. Довжину зони можна вважати достатньою, якщо вона дозволяє плавний вхід в головний потік під кутом не більш 10° і не обмежує маневри зміни смуги руху. Такі зони переплетення мають максимальну пропускну здатність [10]. Маневр переплетення стає можливим, якщо в головному напрямку з'являються інтервали $\Delta t_{zl} > \Delta t_{ep}$. Максимальна пропускна здатність може бути отримана, якщо всі інтервали $\Delta t_{zl} > \Delta t_{ep}$ будуть повністю використані.

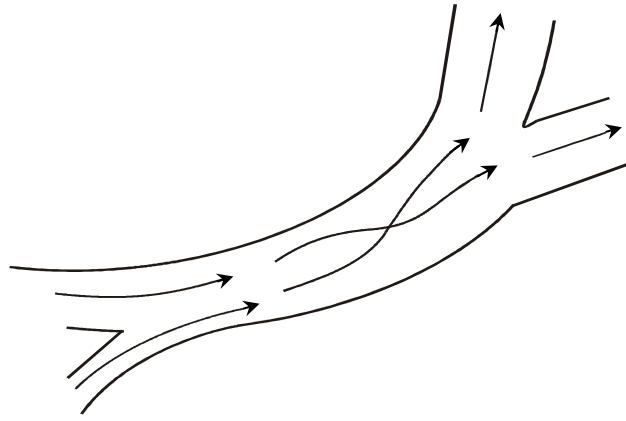


Рис. 4.4 – Ділянка переплетення транспортних потоків

Знаючи закономірність розподілу інтервалів між автомобілями в головному напрямку, можна визначити кількість інтервалів $\Delta t_{zl} > \Delta t_{zp}$, а отже, і пропускну здатність зони переплетення за формулою [5]

$$P_{zl} = N \left(1 + e^{-m\Delta t_{zp}} / (1 - e^{-m\alpha}) \right), \quad (4.3)$$

де P_{zl} – пропускна здатність лінії злиття, од./год.;

Пропускна здатність кільцевого вузла визначається за формулою [5]

$$P_{кв} = 2\overline{P_{zl}} \cdot \lambda, \quad (4.4)$$

де $\overline{P_{zl}}$ – пропускна здатність ліній злиття (середнє значення для вузла);

λ – коефіцієнт, що враховує інтенсивність правоповоротного руху.

Коефіцієнт, що враховує інтенсивність правоповоротного руху визначається за формулою

$$\lambda = \frac{N_z + N_n}{N_z}, \quad (4.5)$$

де N_n – інтенсивність правоповоротного руху на вулицях, що входять у вузол;

N_z – загальна інтенсивність руху на вулицях, що входять у вузол.

Завдання

1. Визначити пропускну здатність нерегульованого перехрестя.
2. Визначити пропускну здатність кільцевого вузла.

Вихідні дані

1. Клас пересічних магістралей – магістралі районного значення.
2. Схема перехрестя для розрахунків.
3. Схема кільцевого саморегульованого вузла.

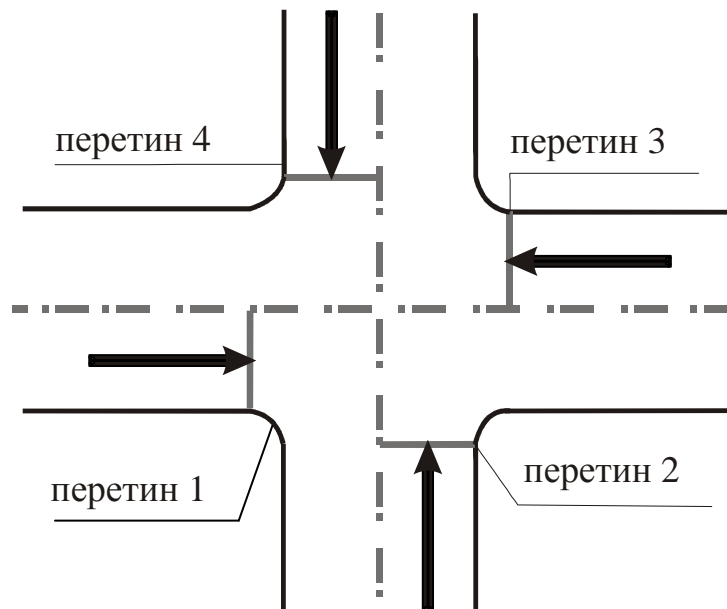


Рис. 4.5 – Схема перехрестя для розрахунків

Існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях:

$$N_1 = 550 \text{ од./год.}; N_2 = 250 \text{ од./год.};$$

$$N_3 = 450 \text{ од./год.}; N_4 = 350 \text{ од./год.}$$

Головний напрямок руху (див. рис. 4.1) . Кількість смуг руху в перетинах: $\text{перетин}_1 = 2$; $\text{перетин}_2 = 1$; $\text{перетин}_3 = 2$; $\text{перетин}_4 = 2$.

Відсоток легкового транспорту в потоці – 80%.

Довжина лінії злиття 35 м. Швидкість руху 30 км./год. У складі потоку, що перетинається 25% легкових автомобілів.

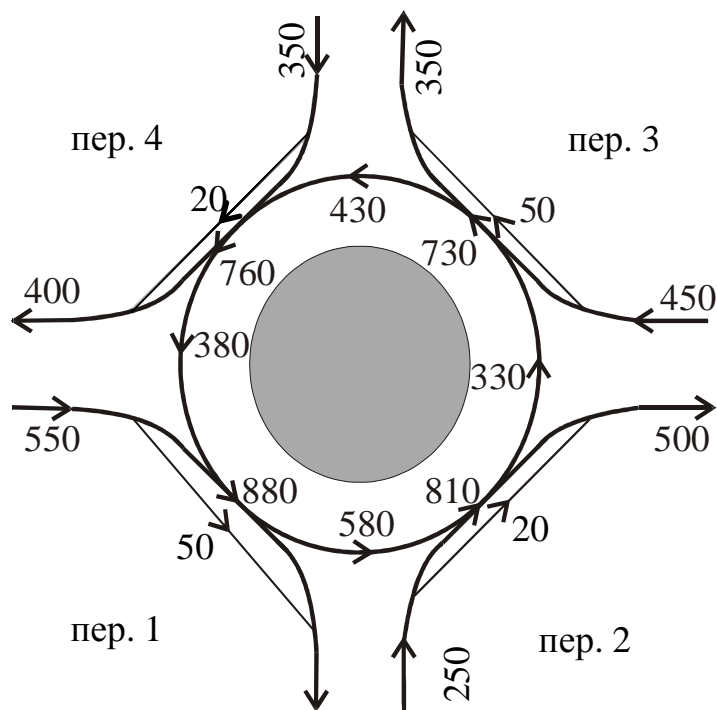


Рис. 4.6 – Схема кільцевого саморегульованого вузла

Вказівки до виконання завдання

Приклад розрахунку пропускної здатності нерегульованого вузла.

Пропускна здатність другорядного напрямку визначається за формулами (4.1–4.2).

$$m = N / 3600 = (550 + 450) / 3600 = 0,278;$$

$$\Delta t_{ep} = 6,5 \text{ с. } \delta t = 3 \text{ с.};$$

$$P_{op} = 1000 \cdot e^{-0,278 \cdot 6,5} / (1 - e^{-0,278 \cdot 3,0}) = 294.$$

Рівні завантаження перетинів другорядного напрямку (2) і (4) визначають за формулою [5]

$$Z = \frac{N_i}{(P_{op} \cdot K_{\Pi})}, \quad (4.6)$$

де K_{Π} – коефіцієнт багатосмуговості (при $n=1$ – $K_{\Pi}=1$; при $n=2$ – $K_{\Pi}=1,9$; при $n=3$ – $K_{\Pi}=2,7$; при $n=4$ – $K_{\Pi}=3,5$.) [11].

Перетин 2:

$$Z_2 = 250 / 294 = 0,85 > 0,8 \text{ – пропускна здатність перетину вичерпана.}$$

Перетин 4:

$$Z_4 = 350 / (294 \cdot 1,9) = 0,63 < 0,8 \text{ – пропускна здатність перетину не вичерпана.}$$

Приклад розрахунку пропускної здатності кільцевого саморегульованого вузла (див. рис. 4.6).

Пропускную здатність лінії злиття визначають за формулою (4.3). При визначенні пропускної здатності лінії злиття не враховують правоповоротні потоки.

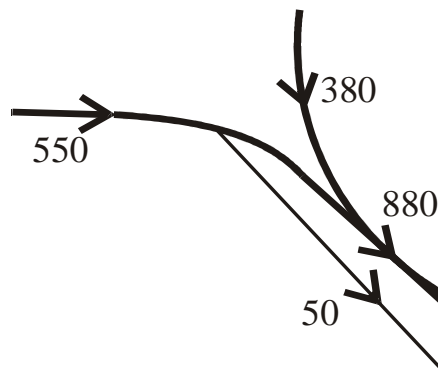


Рис. 4.7 – Частка інтенсивності перетину №1

Інтенсивність в головному напрямку 500 од./год.; інтенсивність на лінії злиття без правоповоротних потоків 880 од./год.; $\delta t = 3,95$ с. (табл. 4.1); $\Delta t_{ep} = 7,0$ с. (табл. 4.2).

Тоді:

$$m = 500 / 3600 = 0,139.$$

Пропускна здатність лінії злиття:

$$P_{зл1} = 500 \cdot \left(1 + e^{-0,139 \cdot 7,0} / (1 - e^{0,139 \cdot 3,95})\right) = 947.$$

Рівень завантаження $Z_1 = 880/947 = 0,93 > 0,80$ – пропускна здатність лінії злиття вичерпана.

Перетин 2:

Інтенсивність в головному напрямку 580 од./год.; інтенсивність на лінії злиття без правоповоротних потоків 810 од./год.; $\delta t = 3,95$ с. (табл. 4.1); $\Delta t_{zp} = 7,0$ с. (табл. 4.2).

Тоді:

$$m = 580 / 3600 = 0,161.$$

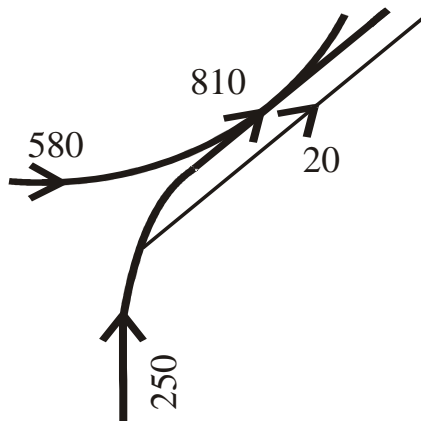


Рис. 4.8 – Частка інтенсивності перетину №2

Пропускна здатність лінії злиття:

$$P_{зл2} = 580 \cdot \left(1 + e^{-0,161 \cdot 7,0} / (1 - e^{0,161 \cdot 3,95})\right) = 979.$$

Рівень завантаження $Z_2 = 810/979 = 0,83 > 0,80$ – пропускна здатність вичерпана.

Перетин 3:

Інтенсивність на головному напрямку 400 од./год.; інтенсивність на лінії злиття без правоповоротних потоків 730 од./год.; $\delta t = 3,95$ с. (табл. 4.1);

$\Delta t_{zp} = 7,0$ с. (табл. 4.2).

Тоді:

$$m = 400 / 3600 = 0,111.$$

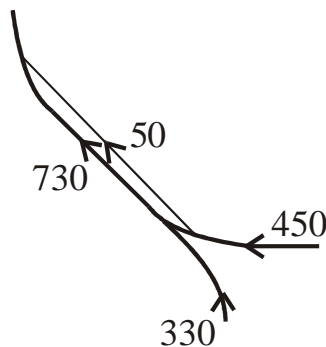


Рис. 4.9 – Частка інтенсивності перетину №3

Пропускна здатність лінії злиття.

$$P_{злз} = 400 \cdot \left(1 + e^{-0,111 \cdot 7,0} / (1 - e^{0,111 \cdot 3,95}) \right) = 918.$$

Рівень завантаження $Z_3 = 730 / 918 = 0,80$ – пропускна здатність вичерпана.

Перетин 4:

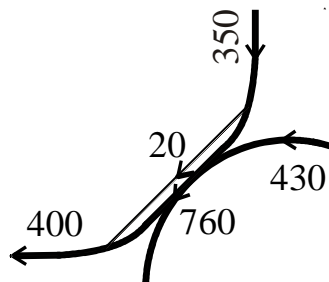


Рис. 4.10 – Частка інтенсивності перетину №4

Інтенсивність в головному напрямку 430 од./год.; інтенсивність на лінії злиття без правоповоротних потоків 760 од./год.; $\delta t = 3,95$ с. (табл. 4.1); $\Delta t_{zp} = 7,0$ с. (табл. 4.2).

Тоді:

$$m = 430 / 3600 = 0,119.$$

Пропускна здатність лінії злиття:

$$P_{злз} = 430 \cdot \left(1 + e^{-0,119 \cdot 7,0} / (1 - e^{0,119 \cdot 3,95})\right) = 929.$$

Рівень завантаження $Z_4 = 760 / 929 = 0,82 > 0,80$ – пропускна здатність вичерпана.

Пропускна здатність всього вузла:

$$\lambda = \frac{550 + 250 + 450 + 350 + 50 + 20 + 50 + 20}{550 + 250 + 450 + 350} = \frac{1740}{1600} = 1,088;$$

$$P_{кв} = 2 \cdot \frac{947 + 979 + 918 + 929}{4} \cdot 1,088 = 2052.$$

Рівень завантаження вузла $Z_{кв} = 1600 / 2052 = 0,78$ – пропускна здатність близька до вичерпання, але при цьому пропускна здатність всіх ліній злиття вичерпана.

Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Як визначити пропускну здатність нерегульованого перехрестя?
2. Як визначити пропускну здатність кільцевого вузла?
3. Як склад транспортного потоку впливає на пропускну здатність?
4. Що розуміють під рівнем завантаження дороги?

4.2. Визначення пропускної здатності на регульованому перехресті

Мета – набуття навичок з визначення пропускної здатності на регульованому перехресті.

Теоретична частина

Пропускна здатність магістралі в перетині стоп-лінії визначається пропускнуою здатністю однієї смуги, кількістю смуг руху, організацією руху у вузлі, режимом регулювання [20].

Пропускнуою здатністю смуг вулиць і доріг регульованого руху називається залежна від умов і організації руху максимальна кількість транспортних засобів, що проходять по смузі (через стоп-лінію) протягом 1 год. в одному напрямку при дотриманні умов безпеки руху. Умови організації руху виражаються через частку часу від тривалості циклу. Ця частка часу, що виділяється для руху транспортних засобів в кожному напрямку визначає пропускну здатність.

При розрахунку пропускної здатності прийнято два допущення [5, 14]:

- 1) всі автомобілі, що проходять через перехрестя, можуть затримуватись перед світлофором;
- 2) всі автомобілі після включення зеленого сигналу проходять через перехрестя з однаковою швидкістю і рівними інтервалами часу.

Виходячи з цього, для розрахунку пропускної здатності однієї смуги використовують формулу [5]

$$P_{\Pi} = \frac{3600 \cdot (t_z - t_a)}{T_{\text{ц}} t_c}, \quad (4.7)$$

де $T_{\text{ц}}$ – час циклу світлофорного регулювання;

t_z – тривалість дозволяючого сигналу світлофора, с.;

t_a – час між включенням зеленого сигналу світлофора і перетинанням стоп-лінії першим автомобілем, с.;

t_c – інтервал часу між автомобілями при проходженні стоп-лінії, с.

За результатами спостережень t_a складає 1–3 с., рекомендується приймати в розрахунках $t_a=2$ с. Величина t_c за спостереженнями складає для легкового транспорту 1–3 с., для вантажного – 3–5с., для змішаного потоку рекомендується приймати $t_c=2-3$ с. [5].

Враховуючи особливості організації і регулювання руху у вузлах, можна виділити декілька типових випадків для розрахунку пропускної здатності магістралі в перетині стоп-лінії.

Прості перетини. 1-й випадок (рис. 4.11).

У перетині стоп-лінії дві смуги руху. Прямі потоки займають обидві смуги, праві повороти здійснюються з крайньої правої смуги, ліві – з другої, створюючи при цьому перешкоди для наступного за ними прямого потоку.

Рух транспорту в даному перетині у всіх напрямках здійснюється в одну фазу. Пропускна здатність магістралі в перетині стоп-лінії (P_ϕ) визначається за формулою

$$P_\phi = \eta \cdot P_\Pi, \quad (4.8)$$

де η – коефіцієнт, що знижує пропускну здатність за рахунок перешкод від лівоповоротного руху залежно від частки лівого повороту (α) $\eta = f(\alpha)$.

Рекомендується приймати [5]:

η	2,0	1,65	1,60	1,55	1,50
$\alpha, \%$	0	10	20	30	40

Якщо в перетині тільки одна смуга руху для всіх напрямків, то слід приймати η [5]:

η	1,0	0,65	0,60	0,55	0,50
$\alpha, \%$	0	10	20	30	40

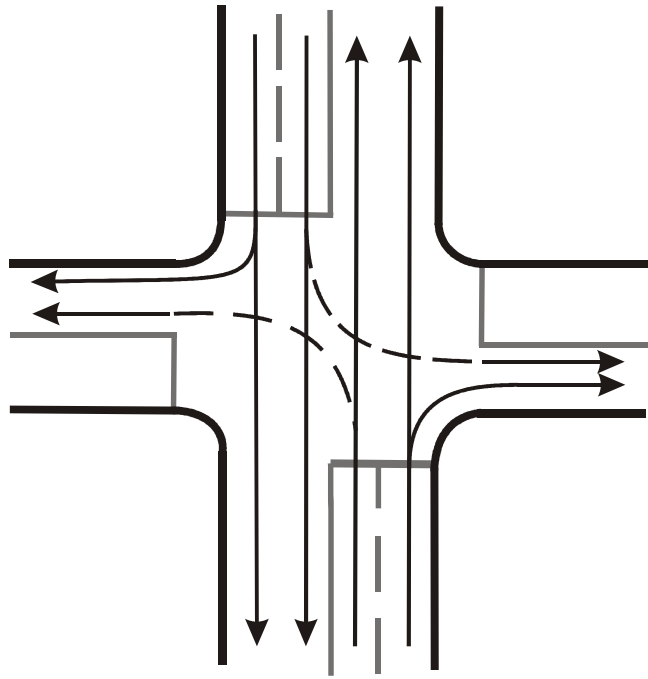


Рис. 4.11 – Розподіл потоків різних напрямів по смугам

2-й випадок (рис. 4.12). У перетині стоп-лінії 3 і більше смуг руху, регулювання здійснюється без додаткових секцій, всі напрямки руху дозволені за одну загальну зелену фазу. Показники розподілу напрямків за смугами відсутні або вказують такий розподіл.

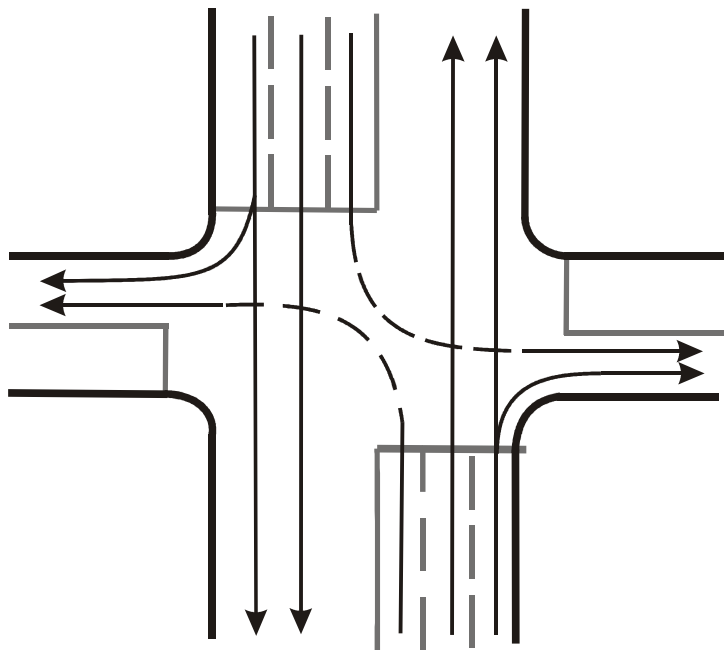


Рис. 4.12 – Розподіл потоків різних напрямків по смугам

В цьому випадку пропускна здатність проїзної частини визначається за формулою [5]

$$P_{\sigma} = \eta_{\text{л}} \cdot P_{\Pi}(n-1), \quad (4.9)$$

де n – кількість смуг руху в перетині стоп-лінії;

$\eta_{\text{л}}$ – коефіцієнт, що враховує пропускну здатність смуги лівоповоротного руху:

$$\eta_{\text{л}} = \frac{N_{\text{з}} + N_{\text{л}}}{N_{\text{з}}}, \quad (4.10)$$

де $N_{\text{з}}$ – загальна кількість транспортних засобів, що проходять через стоп-лінію перетину за год.;

$N_{\text{л}}$ – кількість транспортних засобів, що здійснюють лівий поворот за год., приймають $\eta_{\text{л}} = 1,1 - 1,2$ [14].

3-й випадок (рис. 4.13). У перетині стоп-лінії – 3 і більше смуг руху. Регулювання здійснюється без додаткових секцій, всі напрямки руху дозволені на одну загальну фазу. Розподіл напрямків по смугам вказує наступне:

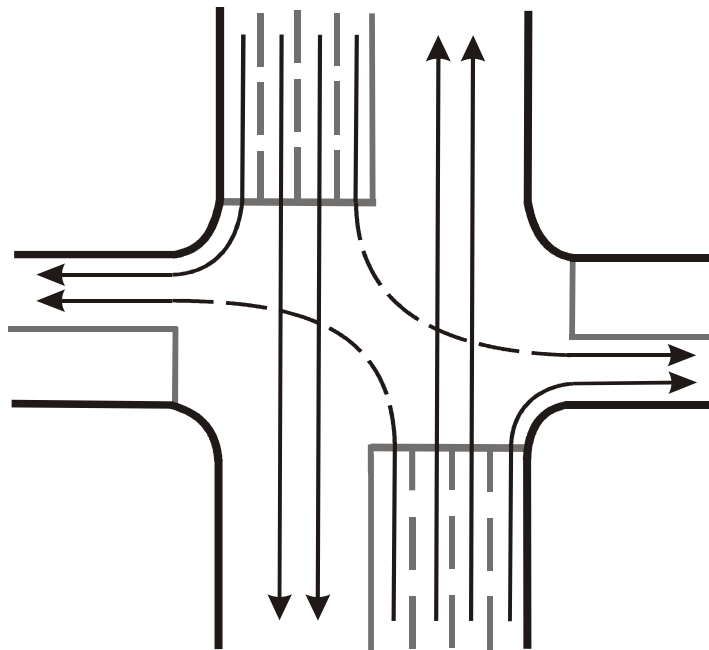


Рис. 4.13 – Розподіл потоків різних напрямків по смугам

Дві крайні смуги відводяться для поворотного руху, прямі потоки здійснюються з однієї або двох внутрішніх смуг.

Розрахунок пропускної здатності виконують за формулами (4.11–4.12)

$$P_{\phi} = \eta_n \cdot P_{\Pi}(n-2); \quad (4.11)$$

$$\eta_n = \frac{N_z + N_n + N_l}{N_z}, \quad (4.12)$$

де N_n – кількість транспортних засобів у перетині, що здійснюють правий поворот за год., приймають $\eta_n = 1,2-1,4$ [5].

При визначенні пропускної здатності магістралі в умовах трьох – і чотиритактного регулювання з додатковими секціями для пропуску поворотних потоків необхідно враховувати, що смуги, призначені для правих і лівих поворотів, не можуть бути використані прямим потоком. Це призводить до зниження пропускної здатності транспортного вузла. Розрахунок пропускної здатності проїзної частини у цьому випадку слід вести окремо для смуг руху в прямому напрямку, правоповоротних і лівоповоротних.

4-й випадок (рис. 4.14). У перетині – 3 і більше смуг руху. Регулювання у вузлах – трьох або чотирьохтактне з додатковими секціями. Крайня ліва смуга відведена для пропуску лівоповоротного руху.

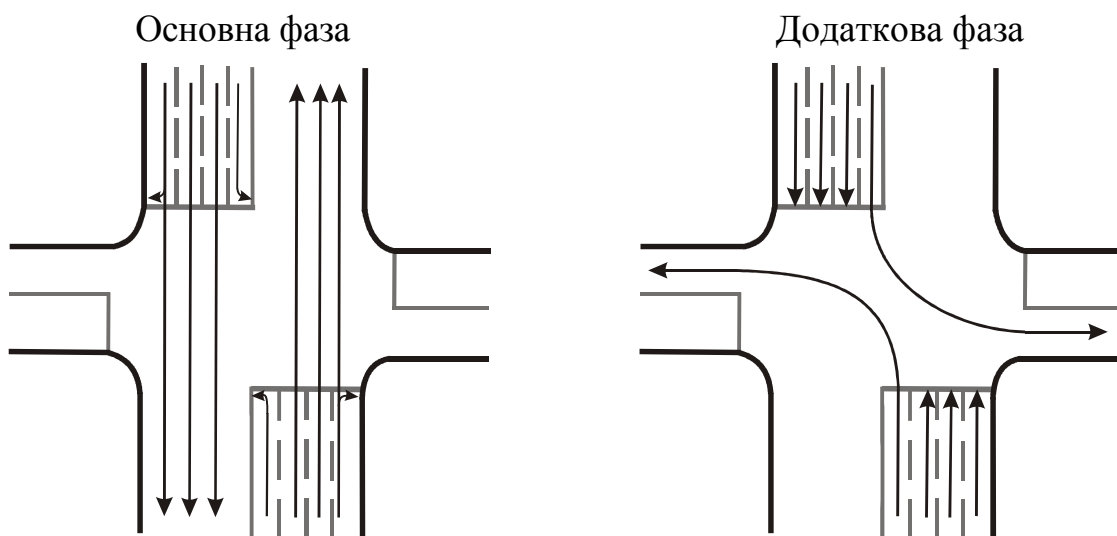


Рис. 4.14 – Розподіл потоків різних напрямків по смугам і фазам

Потоки прямого і правоповоротного напрямку пропускаються за основну зелену фазу тривалістю t_3 с., лівоповоротні потоки пропускаються за додаткову фазу тривалістю $t_{3(n)}$ с.

Пропускню здатність проїзної частини розраховують за формулами (4.13–4.15)

$$P_{\bar{o}} = P_{1,2} + P_3; \quad (4.13)$$

$$P_{1,2} = P_{II}(n-1); \quad (4.14)$$

$$P_3 = \frac{3600(t_{3(n)} - t_a)}{T_u \cdot t_c}, \quad (4.15)$$

де $P_{1,2}$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску прямого і правоповоротного напрямків;

P_3 – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску лівоповоротного напрямку.

5-й випадок (рис. 4.15). У перетині – 3 і більше смуг руху. Регулювання у вузлах: трьох або чотирьохтактне з додатковими секціями. Крайня права смуга відведена для пропуску правоповоротного потоку, крайня ліва – для лівоповоротного. Потоки правоповоротного і лівоповоротного напрямку пропускаються за додаткову фазу тривалістю $t_{3(n)}$ с., потоки прямого напрямку пропускаються за основну зелену фазу тривалістю t_3 с.

Пропускню здатність проїзної частини розраховують за формулами

$$P_{\bar{o}} = P_1 + P_2 + P_3; \quad (4.16)$$

$$P_1 = P_{II}(n-2); \quad (4.17)$$

$$P_2 = P_3 = \frac{3600(t_{3(n)} - t_a)}{T_u t_c}. \quad (4.18)$$

де P_1 – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску прямого напрямку;

P_2 – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску правоповоротного напрямку;

P_3 – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску лівоповоротного напрямку.

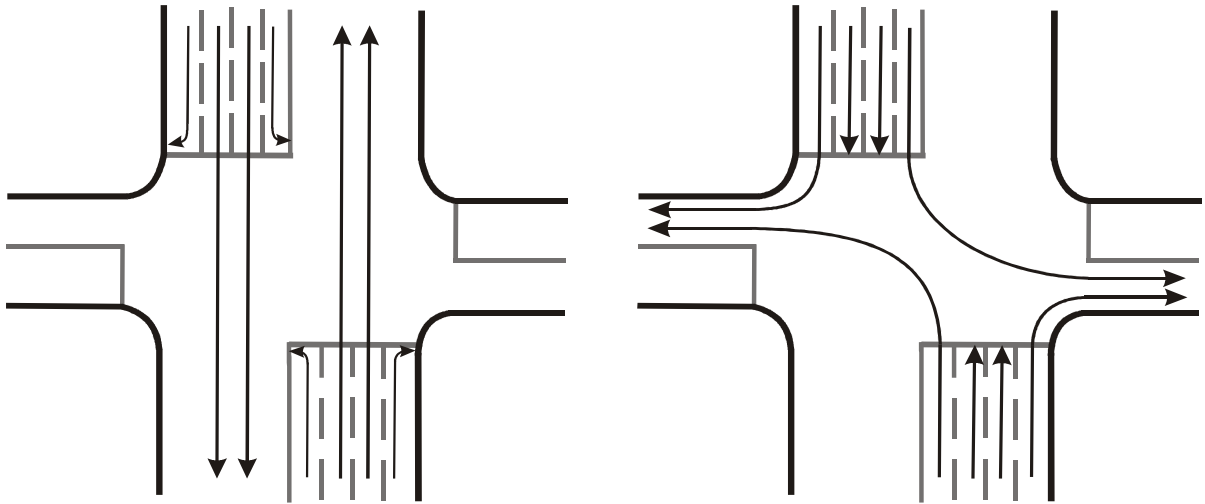


Рис. 4.15 – Розподіл потоків різних напрямків по смугам і фазам

6-й випадок. У перетині – одна і більше смуг руху. Регулювання з почерговим пропуском потоків з кожної з вулиць або з окремих напрямків (рис. 4.16.)

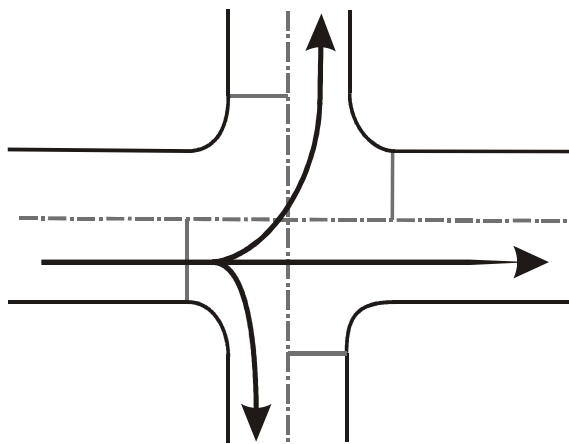


Рис. 4.16 – Організація руху протягом однієї фази

Пропускна здатність за умови повного розділення транспортних і пішохідних потоків визначається пропускну здатністю однієї смуги і кількістю смуг за формулою [5]

$$P_{\bar{o}} = P_{\Pi} n = \frac{3600(t_z - t_a)}{T_{\Pi} t_c}, \quad (4.19)$$

Т – подібні примикання. Пропускна здатність Т – подібних перехресть визначають залежно від кількості тактів в циклі регулювання.

Для 2-тактного регулювання:

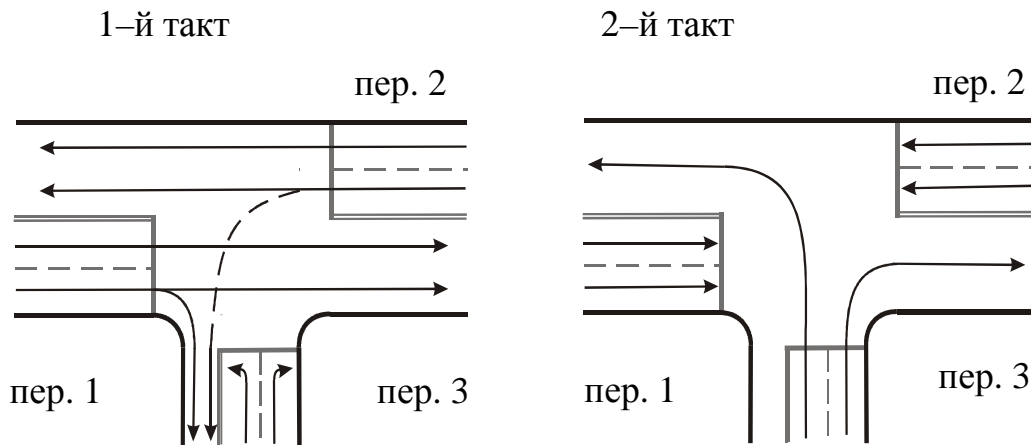


Рис. 4.17 – Розподіл потоків різних напрямків по смугам і фазах

Пропускна здатність проїзної частини визначається за формулами:

у перетинах 1 і 3:

$$P_{\bar{o}} = P_{\Pi} \eta; \quad (4.20)$$

у перетині 2 при $n = 2$:

$$P_{\bar{o}} = P_{\Pi} \eta_{\Pi}; \quad \eta = f(\alpha); \quad (4.21)$$

при $n > 2$

$$P_{\bar{o}} = \eta_{\Pi} P_{\Pi} (n-1); \quad \eta_{\Pi} = \frac{N_3 + N_{\Pi}}{N_3}. \quad (4.22)$$

3-тактне регулювання:

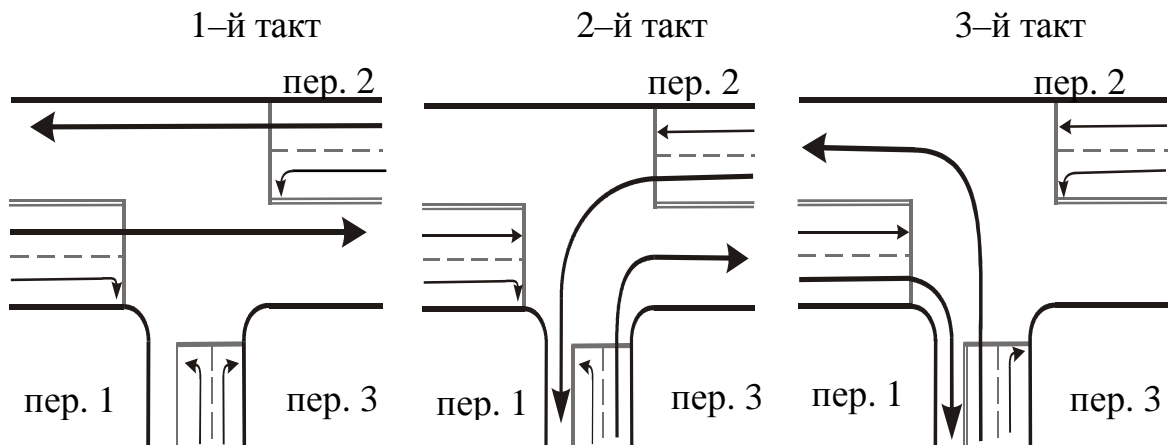


Рис. 4.18 – Розподіл потоків різних напрямків по смугах і фазах

Пропускню здатність проїзної частини визначають за формулами у перетині 1:

$$P_{\delta} = P_1 + P_2. \quad (4.23)$$

у перетині 2:

$$P_{\delta} = P_1 + P_3. \quad (4.24)$$

у перетині 3:

$$P_{\delta} = P_2 + P_3; \quad (4.25)$$

$$P_1 = P_{II}(n-1); \quad (4.26)$$

$$P_{II} = \frac{3600(t_{3(1)} - t_a)}{T_y t_c}; \quad (4.27)$$

$$P_2 = \frac{3600(t_{3(2)} - t_a)}{T_y t_c}; \quad (4.28)$$

$$P_3 = \frac{3600(t_{3(3)} - t_a)}{T_y t_c}. \quad (4.29)$$

Облік впливу трамвайного руху на пропускну здатність смуги проїзної частини. Відповідно до правил дорожнього руху трамвай користується перевагою незалежно від напрямку руху (при русі по головній вулиці), за винятком випадку руху трамвая на стрілку, включену одночасно з червоним або зеленим сигналом світлофора. Тому, транспортний потік використовує тільки частину зеленої фази, вільної від пропуску трамвая. Тривалість зайняття зеленої фази трамваєм залежить від розмірів перехрестя, довжини трамвайного поїзда, часу проходження ним перехрестя і частоти трамвайного руху.

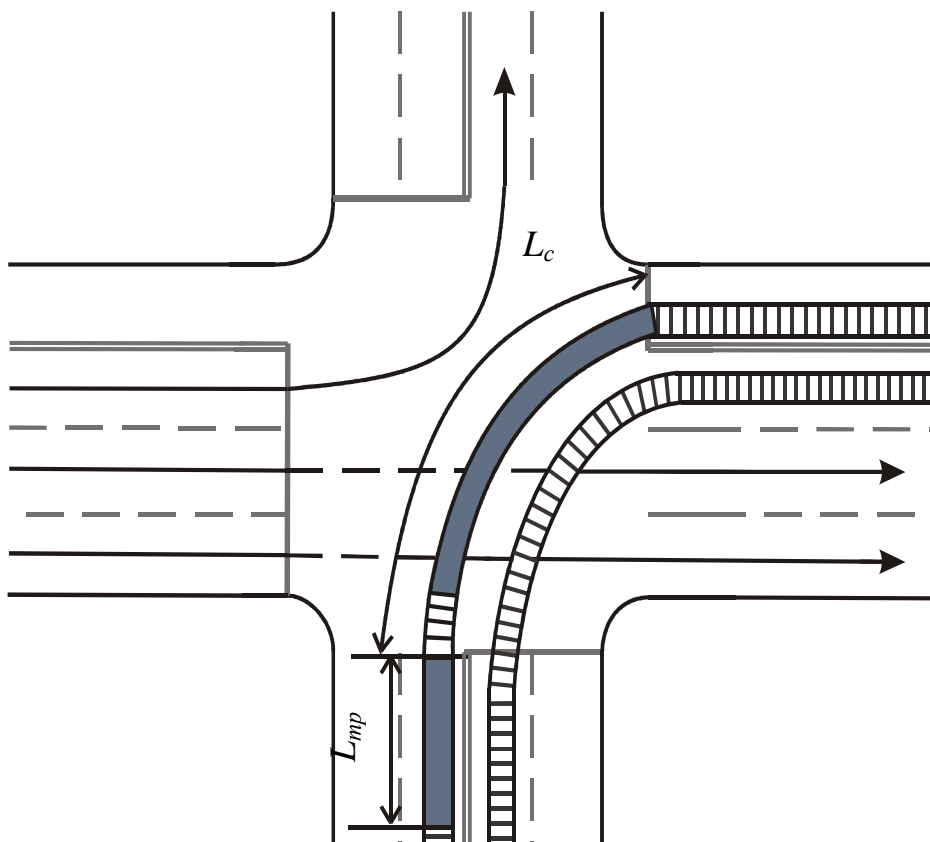


Рис. 4.19 – Трамвайний рух, що пропускається за одну фазу з автомобільним транспортом

Час проходження перехрестя одним трамваєм складає [5]

$$t_{mp} = \sqrt{\frac{2(L_c + L_{mp})}{a}}, \quad (4.30)$$

де L_c – відстань між стоп-лініями;

L_{mp} – довжина трамвайного поїзда;

a – прискорення трамвая: $a = 1 \text{ м./с.}^2$.

Загальний час пропуску трамваїв за годину складе [5]:

$$\sum t_{mp} = N_{mp} \sqrt{\frac{2(L_c + L_{mp})}{a}}, \quad (4.31)$$

де N_{mp} – частота руху трамваїв, од./год.

Для пропуску автомобілів за загальною тривалістю зеленої фази протягом години $\frac{3600(t_{z(1)} - t_a)}{T_y t_c}$ залишається час, рівний [5]:

$$\frac{3600(t_z - t_a)}{T_y} - N_{mp} \sqrt{\frac{2(L_c + L_{mp})}{a}}. \quad (4.32)$$

Тому формула розрахунку пропускної здатності однієї смуги проїзної частини прийме вид [5]:

$$P_{II} = \frac{3600(t_z - t_a)}{T_y t_c} - \frac{N_{mp}}{t_c} \sqrt{\frac{2(L_c + L_{mp})}{a}}. \quad (4.33)$$

Визначення рівнів завантаження магістралей і вузлів.

Рівень обслуговування. Універсальним показником якості руху на сьогоднішній день є запропонований Д. Дрю рівень обслуговування [10]. Під рівнем обслуговування розуміють якісний стан транспортного потоку, при якому встановлюються характерні умови руху. З рівнем обслуговування пов'язані такі фактори, як швидкість руху й тривалість поїздки, переривання потоку, напрям маневру, безпека руху, комфорт і зручність водіння, витрати на поїздки і т.і. Як видно з наведеного переліку, рівень обслуговування є

комплексним показником, а зручність руху є лише одним з багатьох факторів. Всього розрізняють шість рівнів обслуговування – А, В, С, D, Е, F – що мають відносно чіткі границі й відмінності. Потоки класифікуються як вільні, стійкі, нестійкі й напружені.

При визначенні кожного рівня обслуговування варто було б урахувати всі перераховані фактори, однак на сьогоднішній день для цього немає достатніх даних. Тому, рівні обслуговування визначаються тільки за трьома основними показниками: щільність потоку, нормована швидкість і нормована інтенсивність. Слід відзначити, що наведені границі не є категоричними, вони умовні й поблизу їх стан потоку може рівною мірою належати й одному, й іншому рівню (див. рис. 4.20). Цифри на кривій показують швидкість потоку в еталонних дорожніх умовах. Пунктиром показана зона нестійких залежностей.

Наведемо коротку характеристику рівнів обслуговування.

Рівень обслуговування А. Характеризує рух вільного потоку автомобілів де практично відсутні взаємні перешкоди й обгони та немає руху щільних пачок автомобілів. Швидкість руху практично не обмежена і вибирається за бажанням водія в межах загальноприйнятих обмежень. Такий рівень обслуговування характерний для заміських доріг при відсутності значного навантаження. Оскільки щільність потоку дуже мала (не перевищує 6–7 авт./км.), незважаючи на високу швидкість величина транспортної роботи також невелика. Сумарні народногосподарські витрати на підтримку цього рівня виявляються високими. Крім цього, через дуже високу швидкість можливі аварії з тяжкими наслідками [6, 20].

Рівень обслуговування В. Характеризує рух стабільного транспортного потоку. Однак спостерігається значна кількість обгонів, швидкість іноді доводиться обмежувати. Щільність руху збільшується до 12 авт./км., з'являються окремі пачки автомобілів, виникають перші незначні обмеження при маневруванні. Такий рівень обслуговування можна вважати типовим для заміських доріг високого класу, а витрати на його підтримку є високими [20].

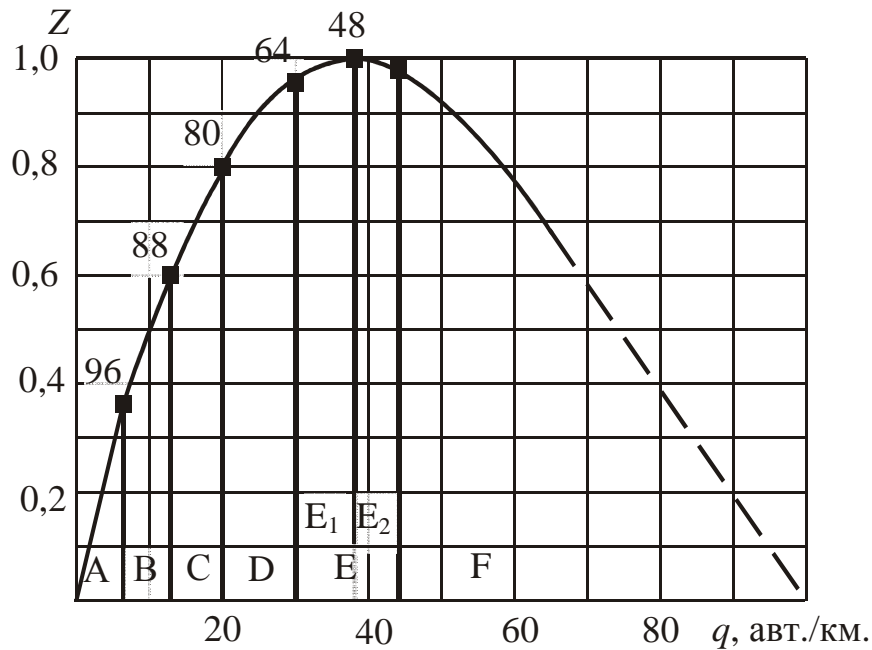


Рис. 4.20 – Залежність між рівнями обслуговування, щільністю потоку й коефіцієнтом завантаження смуги [20]

Рівень обслуговування С. Характеризується стабільним потоком, але інтенсивність руху й щільність такі, що змушують обмежувати швидкість. Щільність збільшується до 20 авт./км., виникають численні пачки автомобілів, помітно обмежується маневрування. Цей рівень визнається задовільним для проектування заміських доріг, оскільки більш високі рівні, особливо в години високого навантаження, можуть виявлятися економічно недоцільними. Що стосується міських магістралей, те цей рівень визнається задовільним більшістю водіїв, хоча аварійність досить висока [6, 20].

Рівень обслуговування D. Характеризується потоком автомобілів, який наближається до нестабільного. Швидкість руху характеризується на прийнятному рівні, але іноді раптово й різко міняється. Маневрування й можливість нормальної їзди перебуває на низькому рівні, оскільки рух відбувається в досить щільних і довгих пачках, щільність досягає 30 авт./км. Економічно цей рівень обслуговування є найбільш вигідним, аварійність при цьому дуже висока й майже всі водії визнають його незадовільним, хоча й прийнятним

для міських умов [6, 20, 22].

Рівень обслуговування Е. Ділиться на два підрівня – Е1 і Е2. Верхній підрівень Е1, – це пропускна здатність дороги. Рух нестабільний, швидкість постійно змінюється. Збільшення навантаження супроводжується значним зниженням швидкості, що приводить до утворення щільних пачок і практично повністю обмежує можливості маневру. Щільність потоку досягає 37 авт./км., всередині пачок виникають часті конфлікти і аварійність досягає максимальних значень. Всі водії зазнають значних труднощів у керуванні автомобілем [1, 6, 10, 22]. Нижній підрівень Е2 – це перехід від нестійкого потоку до напруженого. Щільність руху зростає до 45 авт./км., з'являються затори, швидкість руху ще більш зменшується, знижується продуктивність. Такий щільний рух довго не може тривати й переходить або в підрівень Е1, або до заторового стану рівня F [6, 10, 20, 22].

Рівень обслуговування F. Характеризує функціонування магістралі при напруженому транспортному потоці – щільність перевищує 45 авт./км., швидкість і інтенсивність часто падає до нуля. Рух періодично відновлюється і через деякий час знову припиняється. Такий рівень обслуговування характерний при перевантаженні магістралі й спостерігається в «пікові години» на підходах до перевантажених світлофорних об'єктів або в'їздах на магістралі. Часто його можна спостерігати на в'їздах у місто при переході заміської дороги в міську вулицю або перед першим світлофорним об'єктом [6, 10, 20, 22].

Характерні відмінності міських вулиць: 1. Частота перехресть – не менше 1,6 пер./км.; 2. Відстань видимості й крайові впливи дозволяють рухатися з швидкістю не більш 56 км./год. В цих умовах зупинки й крайові впливи впливають на пропускну здатність істотніше, ніж взаємодія між автомобілями в потоці. Світлофори на перетинаннях визначають пропускну здатність вулиць. При $N < N_{\max}$ співвідношення моментів включення основного сигналу світлофору на сусідніх перехрестях визначають максимально можливу середню швидкість незалежно від інтенсивності. Крайові впливи, присутність у по-

тоці автобусів, з'їзди з вулиць можуть додатково знижувати середню швидкість, яка дуже часто залежить від інтенсивності [20]. На деяких вулицях V_{\max} обмежена фактичними умовами руху, правилами руху. При щільності не більш 25–32 авт./км. швидкість практично не змінюється по довжині вулиці. Тому, показники рівня обслуговування змінюють показниками експлуатаційної й максимальної швидкості. Крім того, в якості показника рівня обслуговування застосовують коефіцієнт втрат часу на затримки. Це відношення сумарних втрат часу на затримки до загального часу руху на ділянці дороги [20]:

$$K_z = \frac{t_{zam}}{T_{рух}}, \quad (4.34)$$

де t_{zam} – сумарні витрати часу на затримки, год.;

$T_{рух}$ – загальний час руху на ділянці дороги, год.

Тоді рівні обслуговування складають [20]:

$$K_z \leq 0,6 - \text{“A”};$$

$$0,6 < K_z \leq 0,7 - \text{“B”};$$

$$0,7 < K_z \leq 0,8 - \text{“C”};$$

$$0,8 < K_z \leq 0,9 - \text{“D”};$$

$$0,9 < K_z \leq 1,0 - \text{“E”};$$

$$K_z > 1,0 - \text{“F”}.$$

При такому підході залишається проблема визначення умов руху, коли затримок немає. У США комітет з вивчення пропускної здатності автомобільних доріг рекомендував як основний показник рівня обслуговування на міських вулицях застосовувати середню за загальний час руху по вулиці швидкість, хоча й визнав певні недоліки цього показника [20].

Існує ще один підхід до оцінки рівня обслуговування на міських вулицях

цях. Цей підхід припускає, що засоби регулювання руху (світлофори) «скорочують» на 50% інтенсивність руху. При цьому, пропускна здатність для верхнього рівня обслуговування Е складає: 50% від 1500, тобто 750 авт./год. Максимальна інтенсивність руху на міських вулицях при умові 50% скорочення інтенсивності руху засобами регулювання для середньої щільності й швидкості руху подана в табл. 4.3–4.4 [20].

Таблиця 4.3

Експлуатаційні характеристики міських вулиць [20]

Рівень обслуговування	Середня швидкість за загальний час руху по вулиці, км./год.	Коефіцієнт завантаження дороги рухом	Коефіцієнт завантаження рухом перетинань
A	≥ 48	$\leq 0,60$	0
B	≥ 40	$\leq 0,70$	0,1
C	≥ 32	$\leq 0,80$	0,3
D	≥ 24	$\leq 0,90$	0,7
E	≈ 24	$\leq 1,0$	1,0
F	< 24	Не має змісту	

Таблиця 4.4

Показники руху за умови зниження 50% пропускної здатності [20]

Щільність, авт./км.	Рівень обслуговування	Середня швидкість за загальний час руху на ділянці, км./год.	Інтенсивність руху на смугу, авт./год.
6,2	A	≥ 48	< 300
12,4	B	≥ 40	< 500
18,6	C	≥ 32	< 600
27,9	D	≈ 24	< 675
46,5	E	≈ 16	< 750
$> 46,5$	F	< 16	Різна

Завдання

1. Визначити пропускну здатність регульованого перехрестя для різної кількості фаз регулювання.
2. Визначити рівень завантаження автомобільної дороги.
3. Результати розрахунків оформити у вигляді підсумкової таблиці.

Вихідні дані

Типові схеми перехресть і параметри руху для різних схем пофазного роз'їзду.

Вказівки до виконання завдання

Розрахована пропускна здатність кожного напрямку руху в перетинах порівнюється з фактичною інтенсивністю руху ($N_{факт}$). Рівень завантаження визначається за формулою [5]

$$z = \frac{N_{факт}}{P_0} \leq 0,8 - 0,9. \quad (4.35)$$

Рівень завантаження не повинен перевищувати: при 2-тактном регулюванні – 0,9; при 3-тактном регулюванні – 0,85; при 4-тактном регулюванні – 0,8. Порушення цих умов свідчить про вичерпання пропускної здатності магістралі в перетині стоп-лінії або у вузлі в цілому [5].

Результати розрахунку пропускної здатності і рівнів завантаження регульованих вузлів зводяться в таблицю. Для розрахунку пропускної здатності і рівня завантаження проїзної частини в перетині стоп-лінії регульованого вузла необхідні наступні дані:

1. Фактична або розрахункова інтенсивність руху в приведених одиницях, авт./год. (див. рис. 4.21);
2. Розподіл потоків різних напрямків по смугам руху (див. рис. 4.21).

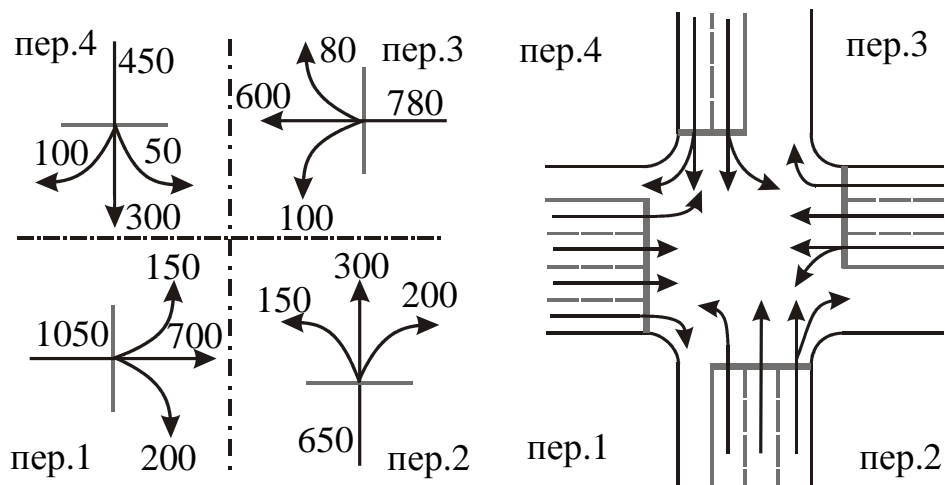


Рис. 4.21 – Напрями руху на перехресті і інтенсивності

3. Кількість смуг проїзної частини в перетинах стоп-ліній:

пер. 1 – 4 смуги; пер. 2,3 – по 3 смуги; пер. 4 – 2 смуги.

4. Регулювання двохтактне, $T_y = 24 + 3 + 14 + 3 = 44$ с.

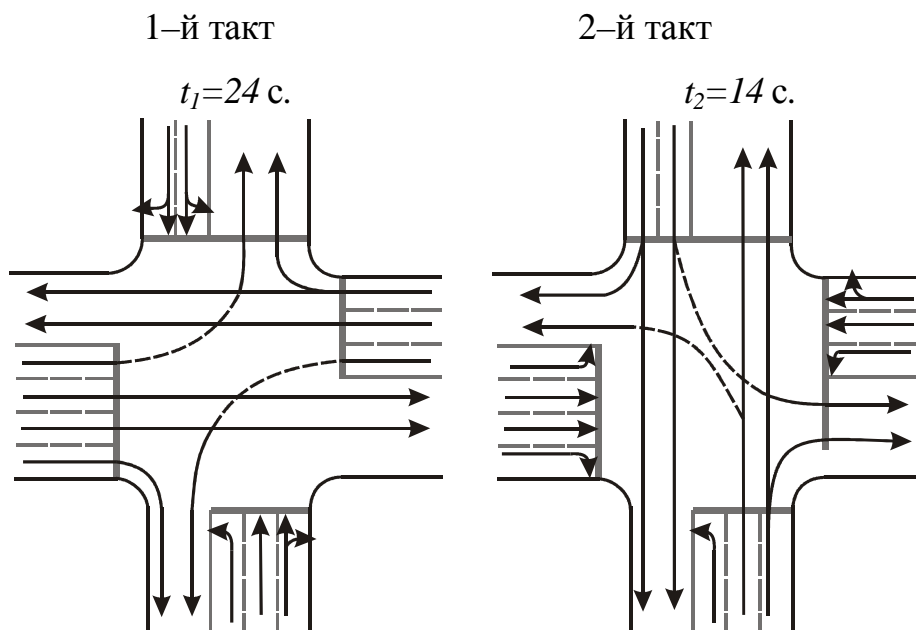


Рис. 4.22 – Схема двофазного роз'їзду на перехресті

Перетин 1. Пропускна здатність однієї смуги складає:

$$P_{\Pi} = \frac{3600(t_s - t_a)}{T_y t_c} = \frac{3600(24 - 2)}{44 \cdot 3} = 600.$$

Пропускна здатність 4–смугової проїзної частини:

$$P_{\sigma} = \eta P_{\Pi} (n - 2);$$
$$\eta = \frac{P_3 + P_{\text{л}} + P_n}{P_3} = \frac{1050 + 150 + 200}{1050} = 1,33;$$
$$P_{\sigma} = 1,33 \cdot 600 \cdot (4 - 2) = 1596.$$

Перетин 2. Пропускна здатність однієї смуги:

$$P_{\Pi} = \frac{3600(14 - 2)}{44 \cdot 3} = 327.$$

Пропускна здатність 3–смугової проїзної частини:

$$P_{\sigma} = \eta P_{\Pi} (n - 1) \quad (2\text{-й випадок});$$
$$\eta = \frac{P_3 + P_{\text{л}}}{P_3} = \frac{650 + 150}{650} = 1,23;$$
$$P_{\sigma} = 1,23 \cdot 327 \cdot (3 - 1) = 804.$$

Перетин 3. Пропускна здатність однієї смуги:

$$P_{\Pi} = \frac{3600(24 - 2)}{44 \cdot 3} = 600.$$

Пропускна здатність 4–смугової проїзної частини:

$$P_{\sigma} = \eta P_{\Pi} (n - 1) \quad (2\text{-й випадок});$$
$$\eta = \frac{P_3 + P_{\text{л}}}{P_3} = \frac{780 + 100}{780} = 1,13;$$
$$P_{\sigma} = 1,13 \cdot 600 \cdot (3 - 1) = 1356.$$

Перетин 4. Пропускна здатність однієї смуги:

$$P_{\Pi} = \frac{3600(14 - 2)}{44 \cdot 3} = 327.$$

Пропускна здатність 2–смугової проїзної частини:

$$P_{\sigma} = \eta P_{\Pi}; \eta = f(\alpha) \quad (1\text{-й випадок});$$

$$\alpha = \frac{50}{450} = 0,11, \eta = 1,65;$$

$$P_{\sigma} = 1,65 \cdot 327 = 540.$$

Регулювання 3–тактне:

$$T_{\text{ц}} = 2 + 3 + 10 + 3 + 14 + 3 = 53.$$

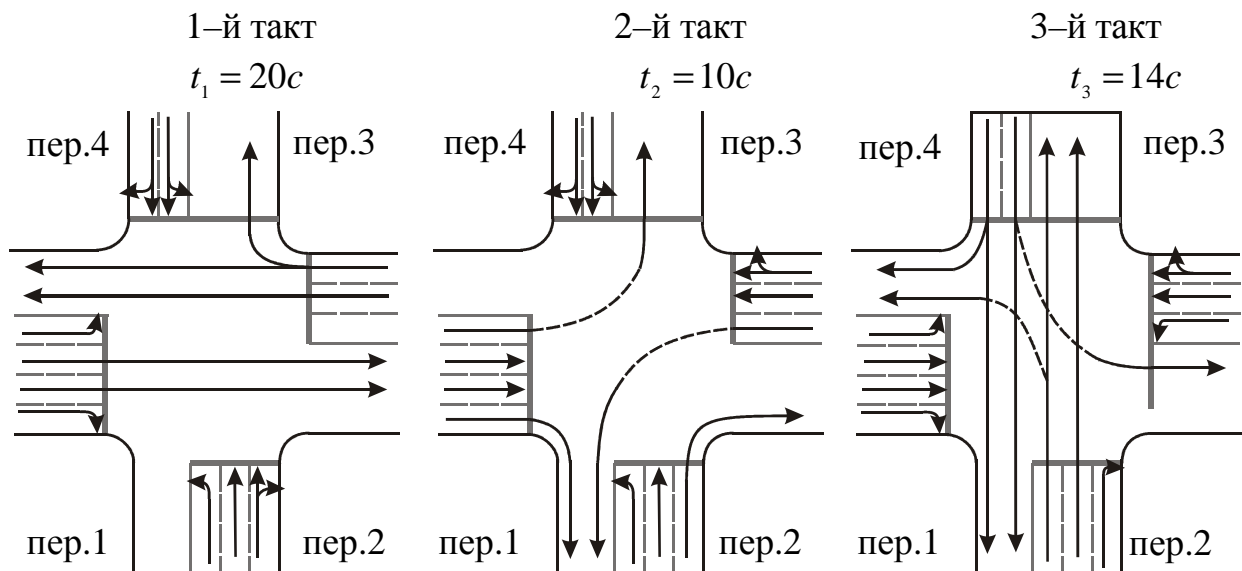


Рис. 4.23 – Схема трьохфазного роз'їзду на перехресті

Перетин 1:

$$P_{\sigma} = P_1 + P_2 + P_3, \quad (4.36)$$

де P_1 – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску прямого напрямку;

P_2 – те ж, для правоповоротного напрямку;

P_3 – те ж, для лівоповоротного напрямку.

$$P_1 = 2P_{II}; \quad P_{II} = \frac{3600(20-2)}{53 \cdot 3} = 408;$$

$$P_2 = \frac{3600(10-2)}{53 \cdot 3} = 181;$$

$$P_{\sigma} = 2 \cdot 408 + 2 \cdot 181 = 1178.$$

Перетин 2:

$$P_{\sigma} = P_{1,3} + P_2;$$

$$P_{\sigma} = \eta P_{II}; \eta = f(\alpha) \quad (1\text{-й випадок});$$

$$\alpha = \frac{150}{650} = 0,23, \eta = 1,58;$$

$$P_{II} = \frac{3600(14-2)}{53 \cdot 3} = 272;$$

$$P_{1,3} = 1,58 \cdot 272 = 429;$$

$$P_2 = \frac{3600(10-2)}{53 \cdot 3} = 181;$$

$$P_{\sigma} = 429 + 181 = 610.$$

Перетин 3:

$$P_{\sigma} = P_{1,2} + P_3;$$

$$P_{1,2} = P_{II}(n-1) = \frac{3600(20-3)}{53 \cdot 3} \cdot (3-1) = 816;$$

$$P_{\sigma} = 816 + 181 = 997.$$

Перетин 4:

$$P_{\sigma} = \eta P_{II}; \eta = f(\alpha) \quad (1\text{-й випадок});$$

$$\alpha = 0,11, \eta = 1,65;$$

$$P_{\sigma} = 1,65 \cdot \frac{3600(14-2)}{53 \cdot 3} = 448.$$

Розрахунок параметрів руху окремих перетинів і вузла в цілому представлено в табл. 4.5

При двохтактному регулюванні вузол працює в нормальних умовах, має резерв пропускної здатності. При трьохтактному регулюванні пропускна здатність перетинів 1, 2 і 4 вичерпана. Для поліпшення роботи вузла потрібна перевірка оптимальності режиму регулювання, можливе збільшення кількості смуг руху в завантажених напрямках.

Таблиця 4.5

Оцінка пропускної здатності і рівнів завантаження

Вузол	Перетин №	Напрями руху	Фактична інтенсивність, авт./год.	2 – тактне регулювання			3(4) – тактне регулювання		
				Пропускна здатність, авт./год.	Рівень завантаження	Оцінка завантаження	Пропускна здатність	Рівень завантаження	Оцінка завантаження
	1	направо	200				181	1,10	>0,85
		прямо	700				816	0,86	>0,85
		наліво	150				181	0,83	<0,85
	Всього в перетині		1050	1596	0,66	<0,9	1178	0,89	>0,85
	2	направо	200				181	1,10	>0,85
		прямо	300				429	1,05	>0,85
		наліво	150						
	Всього в перетині		650	804	0,81	<0,9	610	1,07	>0,85
	3	направо	80				816	0,83	<0,85
		прямо	600						
		наліво	100				181	0,55	<0,85
	Всього в перетині		780	1356	0,58	<0,9	997	0,78	<0,85
	4	направо	100						
		прямо	300						
		наліво	50						
	Всього в перетині		450	540	0,83	<0,9	448	1,00	>0,85
Разом по вузлу			2930	4296	0,68	<0,9	3233	0,91	>0,85

Запитання

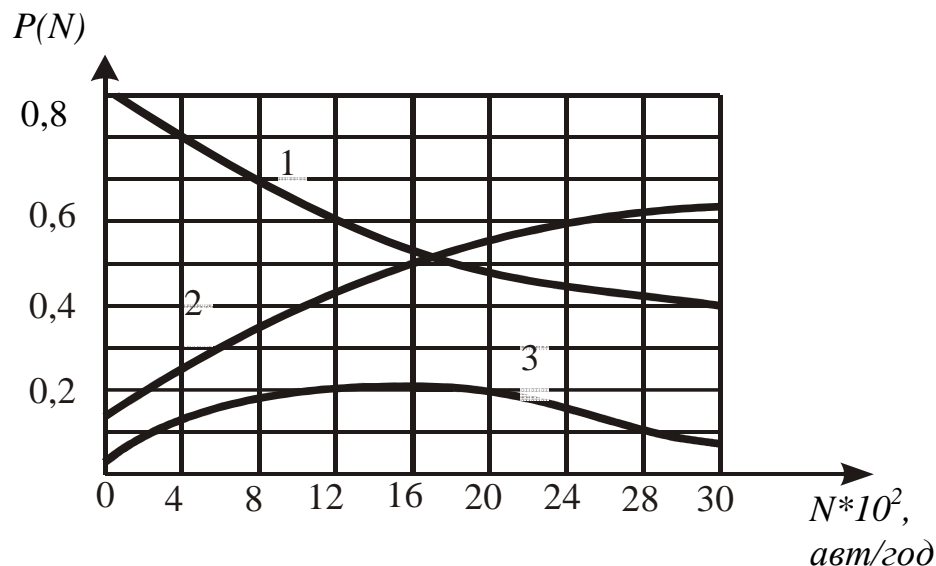
1. Що впливає на пропускну здатність регульованого перехрестя?
2. Як визначити раціональну кількість фаз регулювання для забезпечення максимальної пропускну здатності перехрестя?
3. Який граничний рівень завантаження допускається на перехрестях при забезпечення нормальних умов руху?

4.3. Вибір кількості смуг руху на підходах до перехрестя

Мета: придбати практичні навички з визначення кількості смуг руху на підходах до перехрестя і ширину проїзної частини.

Теоретична частина

Згідно з [10, 14, 20, 25] розподіл інтенсивності руху по смугах фактично визначає рівень завантаження вулично-дорожньої мережі й інших характеристик дорожнього руху. На рис. 4.24. представлено розподіл інтенсивності руху на міжміській чотирьохсмуговій дорозі з двостороннім рухом. З рис. 4.24 видно, що при малій інтенсивності руху транспорт переважно рухається по правій смузі, оскільки йому ніхто не заважає. З ростом інтенсивності руху швидкохідні автомобілі перелаштовуються на ліву, більш швидкісну смугу руху де інтенсивність руху досягає значень 1800 авт./год. Потім, навантаження на ліву смугу збільшується, а на правій смузі залишаються відносно тихохідні автомобілі. Слід зауважити, що співвідношення інтенсивності руху по смугах залежить не тільки від процентного співвідношення швидкохідних і тихохідних автомобілів у потоці, але й від стану проїзної частини, наявності припаркованих на узбіччі транспортних засобів, дисциплінованості водіїв і ін.



де 1 – права смуга;
 2 – ліва смуга;
 3 – транспортні засоби, що змінюють смугу на ділянці довжиною 0,3 км.

Рис. 4.24 – Розподіл інтенсивності руху одного напрямку на дорозі з чотирма смугами руху [20]

Розподіл інтенсивності руху по смугах на міських вулицях є функцією від кількості припаркованих на правій смузі транспортних засобів, інтенсивності поворотного потоку, умов повороту, рівня завантаження смуг прямого руху і т.і. Водії транспортних засобів прямого напрямку обирають для руху ту смугу, на якій у цей момент будуть мати місце найменші затримки й число зупинок [6, 14, 20, 22, 24].

За думкою авторів [5, 10, 15, 20] нерегульовані перетинання знижують інтенсивність. Метод розрахунків заснований на тому, що нерегульоване перетинання розглядається, як регульоване з фазою зеленого сигналу, пропорційної інтенсивності по головній і другорядній дорозі з урахуванням геометричних характеристик цих доріг. При цьому встановлено, що примикання другорядних вулиць, а саме маневри повороту знижують інтенсивність по головній вулиці.

Стоянки автомобілів або посадка (висадження) пасажирів поблизу тротуару скорочують площу дороги для руху. Вплив припаркованих автомобілів

розглядається як зменшення ширини проїзної частини не менше, як на 2,4 м. Крім того, великі стоянки є причиною порушення нормальних умов руху на сусідній смузі через від'їжджаючі й приїжджаючі автомобілі. Навіть там, де зупинка заборонена, короткочасні зупинки знижують імовірність використання смуги поблизу тротуару. У США на крайній смузі проїзної частини фіксується 60% всіх порушень правил дорожнього руху [20].

Паркування автомобілів з двох сторін вулиці – можуть різко знизити її пропускну здатність, тому що доводиться очікувати прийняттого інтервалу для об'їзду припаркованих автомобілів.

У зв'язку з вище наведеним актуально збільшити кількість смуг, що збільшує пропускну здатність перехрестя.

Вихідні дані

Вихідні дані наведено в табл. Г.1–Г.4, схеми перехресть на рис. Г.1–Г.10.

Завдання

1. Визначити сумарну інтенсивність руху на підходах перехрестя з урахуванням перспективи.
2. Визначити пропускну здатність багатосмугової проїзної частини.
3. Зробити вибір потрібної кількості смуг руху на підході до перехрестя.

Вказівки до виконання роботи

Потрібну кількість смуг руху на підходах до перехрестя і ширину проїзної частини визначають на основі вихідних даних з прогнозування інтенсивності руху транспортних потоків [10].

Розрахунок потрібної кількості смуг виконують для кожного підходу окремо у прямому і зворотному напрямках. Попередньо для кожного підходу слід визначити фактичну сумарну інтенсивність у прямому й зворотному напрямках.

1. Сумарну інтенсивність руху на підходах перехрестя визначають з урахуванням перспективи:

$$N_{\text{прог}} = k_p \cdot N_{\text{факт}}, \quad (4.37)$$

де $N_{\text{прог}}$ – сумарна приведена інтенсивність руху в прямому (зворотному) напрямку на підході до перехрестя, авт./год.;

k_p – коефіцієнт зростання інтенсивності руху на перспективу 10 років.

Для стійкого функціонування транспортного потоку з урахуванням перспективи на 10 років рекомендується приймати $k_p = 1,8$ [14].

2. Пропускну здатність багатосмугової проїзної частини рекомендується розраховувати за формулою [14]

$$P = P_o \cdot K_n \cdot K_{\text{сп}} \cdot K_{\phi}, \quad (4.38)$$

де P_o – розрахункова пропускна здатність 1 смуги руху, авт./год.;

K_n – коефіцієнт багатосмуговості;

$K_{\text{сп}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив складу транспортного потоку;

K_{ϕ} – коефіцієнт, що враховує вплив типу покриття проїзної частини.

Значення P_o приймають рівним 1000 авт./год. для виконання умов забезпечення у транспортному потоці необхідних маневрів і змін смуг руху. При відсутності змін смуг руху приймають $P_o=1200$ авт./год. Значення коефіцієнтів K_n і $K_{\text{сп}}$ у формулі (4.38) вибирають відповідно до дорожніх умов за допомогою табл. 4.6, 4.7. [14].

Таблиця 4.6

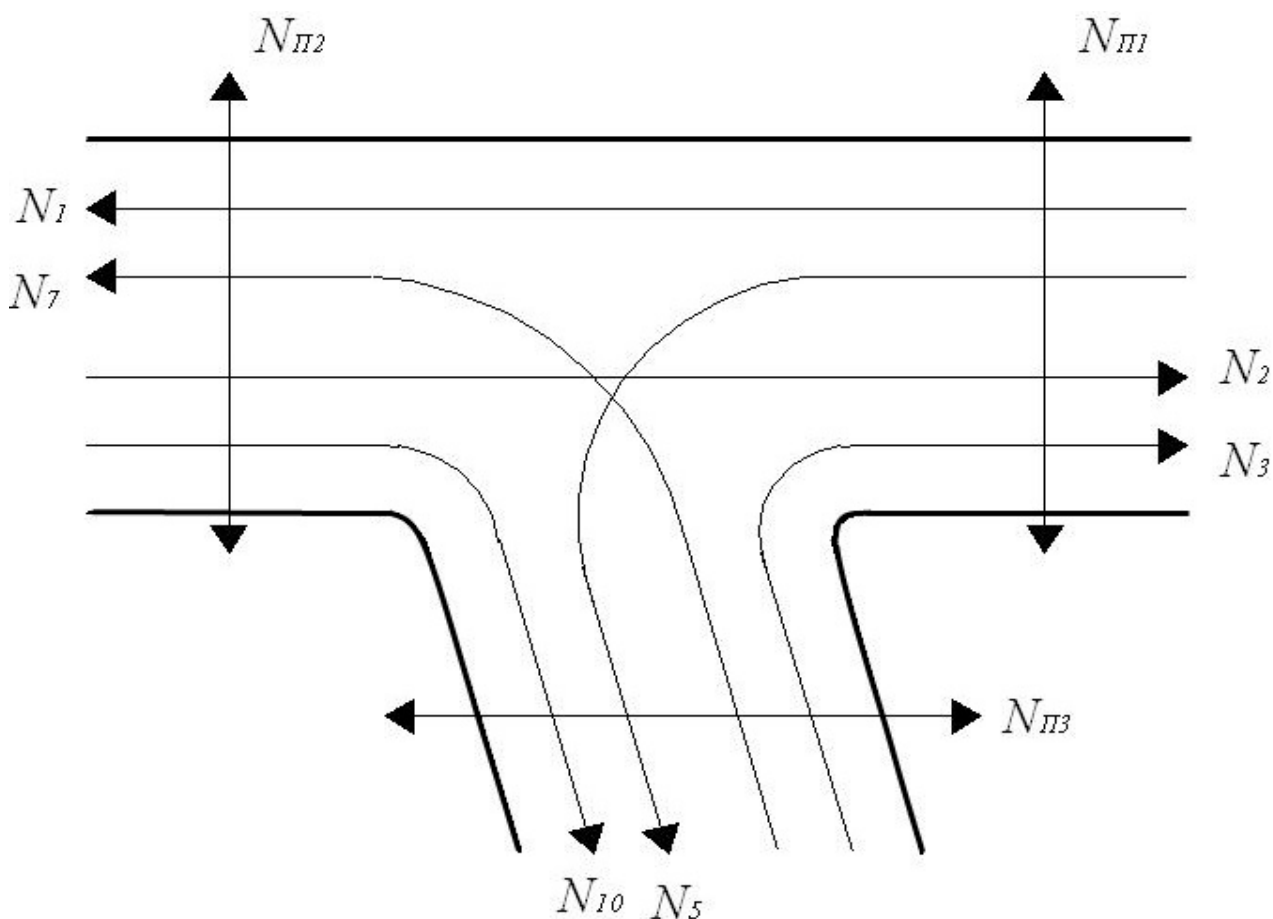
Значення коефіцієнтів багатосмуговості [14].

Кількість смуг	1	2	3	4	5
K_n	1,0	1,8	2,4	2,9	3,4

**Значення коефіцієнтів, що враховують вплив
складу транспортних потоків на пропускну здатність [14]**

Частка вантажних автомобілів у потоці	0	10	20	30	40
K_{ep}	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8

Залежно від типу покриття проїзної частини приймають $K_{\phi}=1,0$ – для асфальтобетонного і цементобетонного покриття і $K_{\phi}=0,88$ – для збірного бетонного покриття [14].



—► — напрямки руху пішохідних і транспортних потоків.

Рис. 4.25 – Схема перехрестя

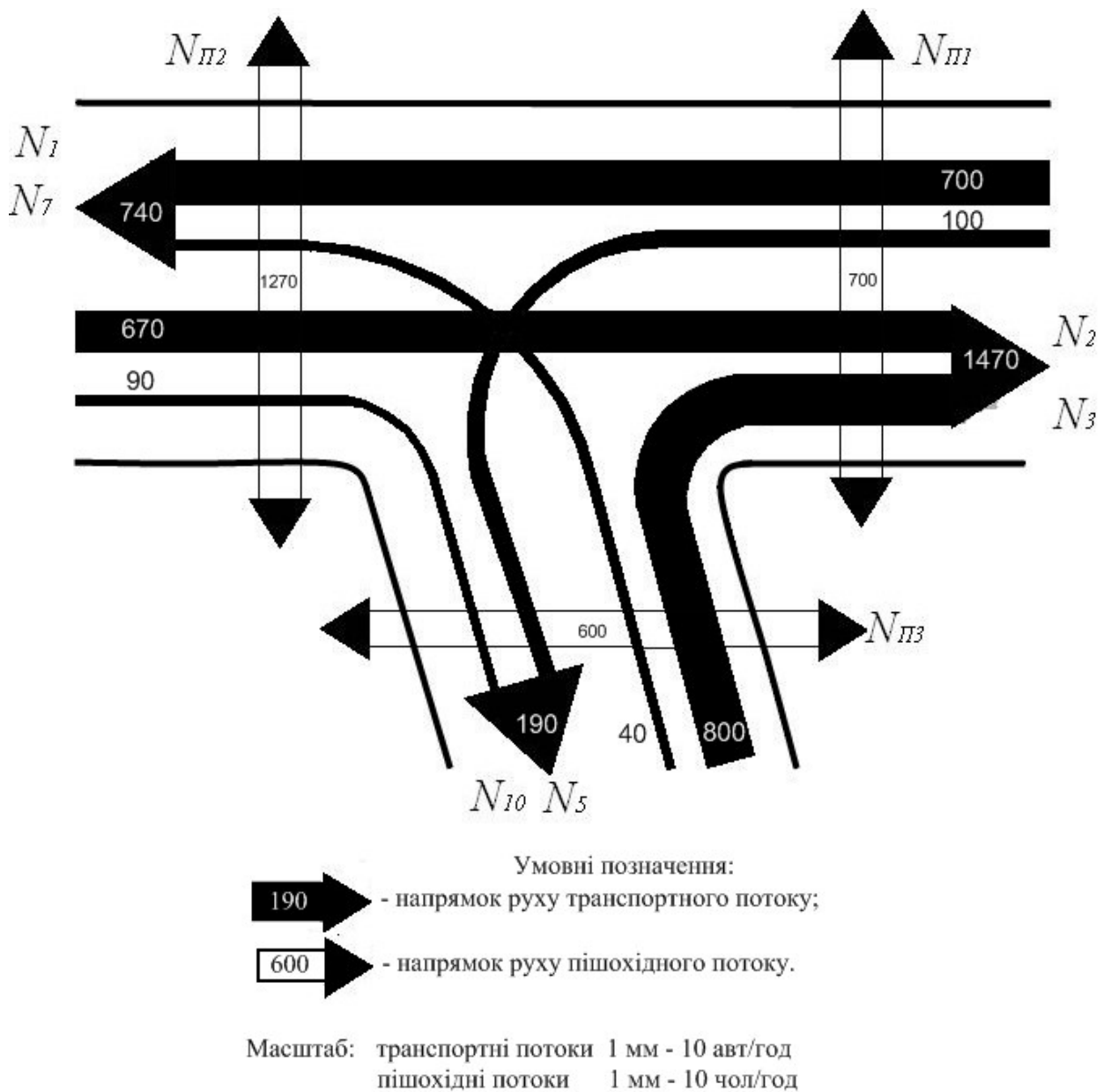


Рис. 4.26 – Картограма інтенсивності руху фактична

Наприклад значення інтенсивності руху на підходах перехрестя та пропускної здатності багатосмугової проїзної частини для перехрестя (рис. 4.25):

$$N_{\text{фактIex}} = N_7 + N_3 = 40 + 800 = 840;$$

$$N_{\text{прогIex}} = 840 \cdot 1,8 = 1512;$$

$$P_{\text{Iex}} = 1000 \cdot 2,4 \cdot 0,875 \cdot 1 = 2100.$$

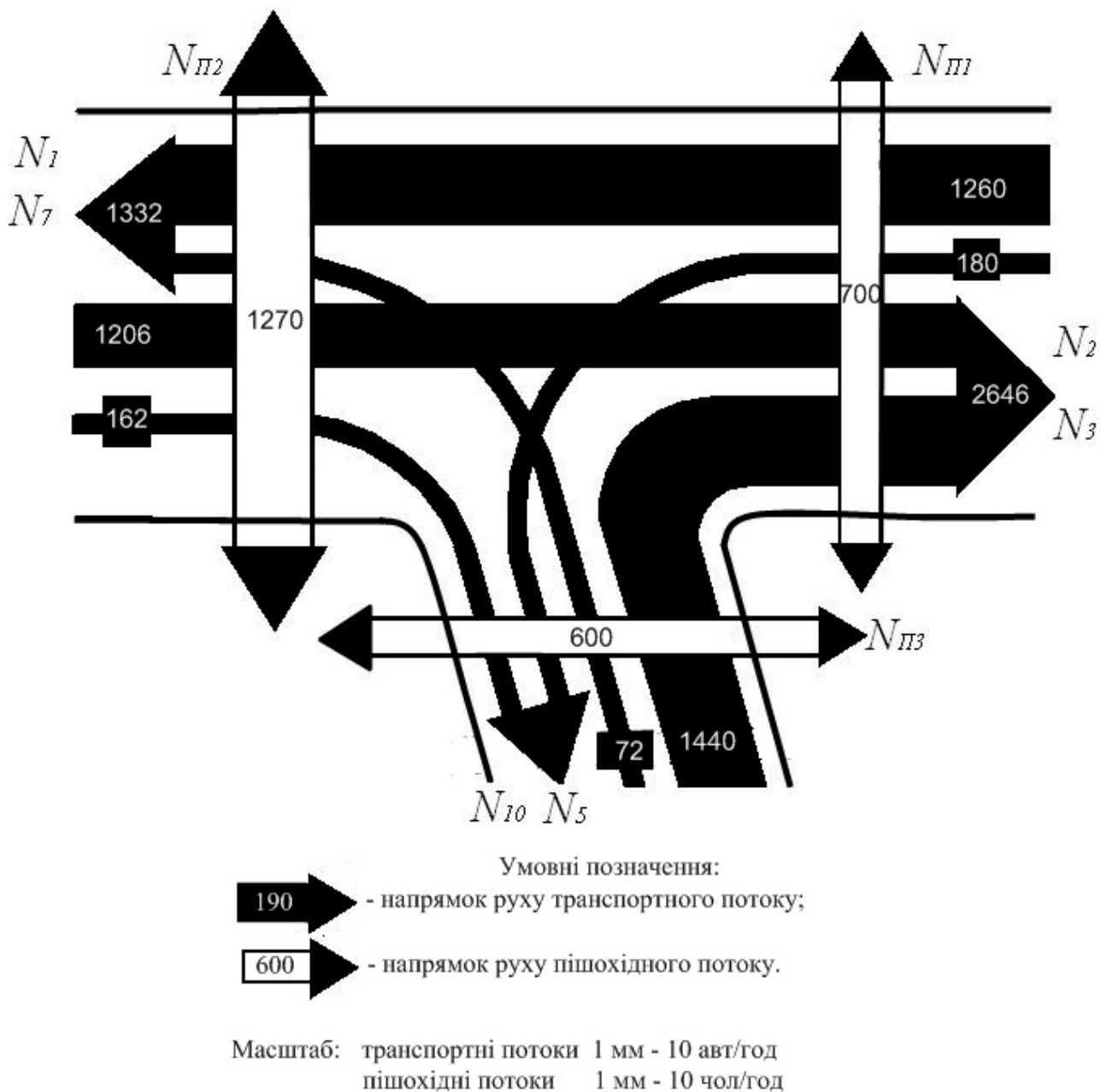


Рис. 4.27 – Картограма інтенсивності руху за прогнозом

Результати розрахунків наведені в табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Результати розрахунків

Вхід в перехрестя	Фактична інтенсивність, авт./год.	Прогнозована інтенсивність, авт./год.	Пропускна здатність, авт./год.
Вхід I	840	1512	2100
Вхід II	760	1368	2100
Вхід III	800	1440	2100

3. Вибір потрібної кількості смуг руху на підході до перехрестя здійснюється шляхом порівняння $N_{прог}$ із пропускнуою здатністю вулиць безупинного руху, що мають багатосмугову проїзну частину.

Значення $N_{прог}$ у кожному напрямку слід порівняти з розрахованими значеннями P при різноманітному числі смуг і вибрати потрібну кількість смуг з умови $N_{прог} < P$.

Ширину смуг руху вибирають таким чином. Ширину першої смуги рекомендується прийняти 4 м. Ширина інших смуг приймають 3,5 м при частці вантажних автомобілів у потоці не більше 30%, у іншому разі 4 м. Після вибору потрібної кількості й ширини смуг руху слід виконати на рисунку схему перехрестя в масштабі, на якій зобразити епюри інтенсивності руху транспортних потоків. Для прикладу проектний план перехрестя зображено на рис. (4.28).

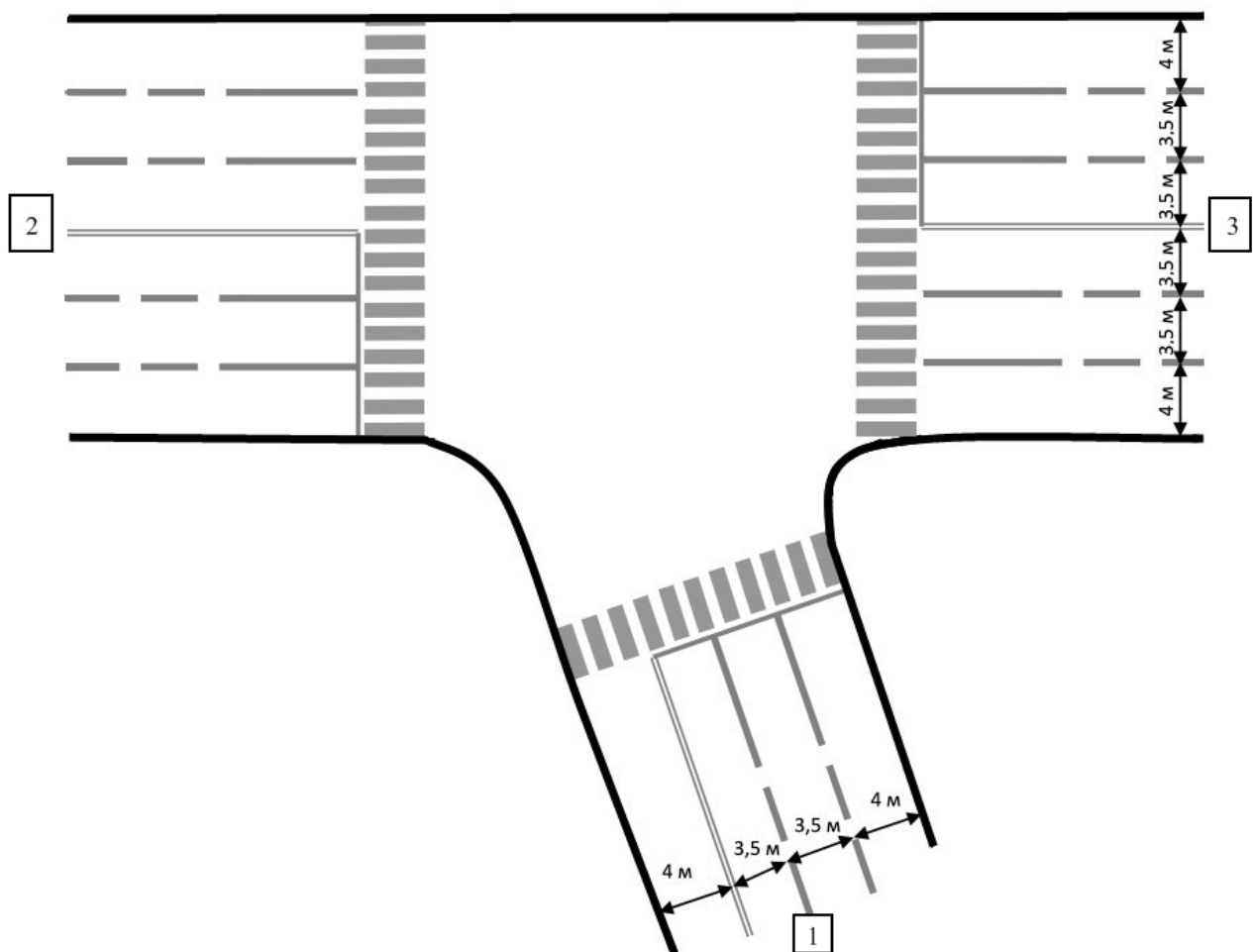


Рис. 4.28 – Проектний план перехрестя

1. Що розуміють під пропускною здатністю автомобільної дороги?
2. Що розуміють під інтенсивністю транспортного потоку?
3. Як впливає склад транспортного потоку на пропускну здатність автомобільної дороги?
4. Чим треба керуватися при визначенні потрібної кількості смуг руху на підходах до перехрестя?
5. Чому слід визначати пропускну здатність автомобільної дороги з урахуванням перспективи росту інтенсивності транспортного потоку?

4.4. Вибір схеми пофазного роз'їзду

Мета: Придбати практичні навички щодо вибору схеми пофазного роз'їзду на перехресті.

Теоретична частина

Із зростанням інтенсивності транспортного потоку на головній дорозі можливості проїзду перехрестя з другорядних напрямків погіршуються. Збільшуються затримки часу й кількість ДТП. Введення світлофорного регулювання ліквідує найнебезпечніші конфліктні крапки й підвищує безпеку руху.

У вітчизняній і закордонній практиці неодноразово вживали спроби встановлення критеріїв введення світлофорного регулювання. У різних країнах такими критеріями є: сумарна інтенсивність руху на перехресті, або інтенсивності по кожному напрямку, комбінація певної величини інтенсивності з певним числом ДТП за рік, інтенсивність пішохідного руху, швидкість ТЗ, геометричні параметри перехрестя.

Сьогодні відомо ряд нормативних положень щодо встановлення світлофорів на перехрестях і пішохідних переходах при наявності хоча б однієї з

нижченаведених умов [13].

Умова 1. Задана у виді комбінацій критичних інтенсивностей руху на головній і другорядній дорогах (табл. 4.9). Введення світлофорного регулювання вважається виправданим, якщо інтенсивність конфліктуючих транспортних потоків не менш заданих комбінацій протягом 8 годин звичайного робочого дня.

Умова 2. Задана у виді комбінацій критичних інтенсивностей конфліктуючих транспортних і пішохідних потоків. Введення світлофорного регулювання вважається виправданим, якщо протягом 8 год. звичайного робочого дня по дорозі у двох напрямках рухається не менш 600 од./год. (для доріг з розділовою смугою 1000 од./год.) транспортних засобів і в той же час цю вулицю перетинають в одному найбільш завантаженому напрямку не менш 150 чол./год.

Умова 3. Світлофорне регулювання вводиться, коли умови 1–2 цілком не виконуються, але виконуються не менше ніж на 80%.

Умова 4. Задана певною кількістю ДТП. Введення світлофорного регулювання вважається виправданим, якщо за останні 12 міс. на перехресті відбулося не менш трьох ДТП (які могли б бути відвернуті при наявності світлофора), хоча б одна з умов 1–2 виконується не менш ніж на 80%.

Вищенаведені нормативні положення розроблені з урахуванням закордонного досвіду й специфіки наших умов. Дотримання цих умов повинно забезпечити економічну доцільність введення світлофорного регулювання.

Вихідними даними для розробки схеми пофазного роз'їзду є характеристики ДР на перехресті. Спочатку необхідно вибрати число фаз регулювання. При цьому слід завжди прагнути до мінімального числа фаз для забезпечення високої пропускної здатності перехрестя, якщо це не суперечить вимогам безпеки руху.

Застосуванням трьох і більше фаз регулювання пов'язано з високою інтенсивністю транспортних лівоповоротних потоків або з високою інтенсивністю пішохідного руху.

Критерії впровадження світлофорного регулювання [13]

Головна дорога	Другорядна дорога	Інтенсивність руху по головній дорозі у двох напрямках, од./год.	Інтенсивність руху по другорядній дорозі в найбільш завантаженому напрямі, од./год.
1 смуга руху в одному напрямку	1	750	75
		670	100
		580	125
		500	150
		410	175
		380	190
2 або більш смуги руху в одному напрямку	1	900	75
		800	100
		700	125
		600	150
		500	175
		400	200
2 або більш смуги руху в одному напрямку	2 або більш смуги руху в одному напрямку	900	100
		825	125
		750	150
		675	175
		600	200
		525	225
		480	240

При застосуванні трьохфазного циклу можливі різні варіанти пофазного роз'їзду [10, 13]. Так третя фаза може обслуговувати два зустрічних лівоповоротних потоків. У іншому варіанті можливо об'єднання в третій фазі лівого поворотного потоку з потоком у прямому побіжному напрямку при його високій інтенсивності. Можливо виділення окремої пішохідної фази або використання третьої фази для пропуску правих поворотних потоків з метою забезпечення безпеки руху пішоходів. Також можуть бути застосовані інші схеми пофазного роз'їзду.

Завдання

1. Зробити вибір кількості фаз і розробити схеми пофазного роз'їзду.
2. На окремих рисунках зобразити дозволені напрямки руху транспортних і пішохідних потоків у кожній фазі регулювання та розташування технічних засобів регулювання руху: світлофорів, дорожньої розмітки.

Вихідні дані

Дані представлено у дод. Г.

Вказівки до виконання завдання

При розробці схеми пофазного роз'їзду треба користуватись наступними принципами [12, 13]:

- припускається сполучати в одній фазі лівий поворотний потік, що конфліктує з зустрічним потоком прямого напрямку, якщо інтенсивність лівоповоротного потоку не більше 120 авт./год.

- пішохідний і конфліктуючий з ним поворотні транспортні потоки можуть сполучатися в одній фазі, якщо інтенсивність пішохідного потоку не перевищує 900 чол./год., а інтенсивність кожного з поворотних транспортних потоків не перевищує 120 авт./год.

- смуги руху необхідно закріплювати за визначеними фазами. Не планувати виїзд транспортних засобів, що мають право руху в різних фазах, з однієї смуги.

- прагнути до того, щоб інтенсивність руху, яка в середньому припадає на 1 смугу, не перевищувала 600 – 700 авт./год.

- якщо проїзна частина має 3 смуги руху і більше в одному напрямку, необхідно розглядати можливість поетапного переходу пішоходами вулиці протягом двох фаз регулювання.

Після вибору кількості фаз і розробки схеми пофазного роз'їзду необхідно на окремих рисунках зобразити дозволені напрямки руху транспортних і пішохідних потоків у кожній фазі регулювання.

Для перехрестя (рис. 4.29) схеми пофазного роз'їзду зображені на рис. 4.30–4.33.

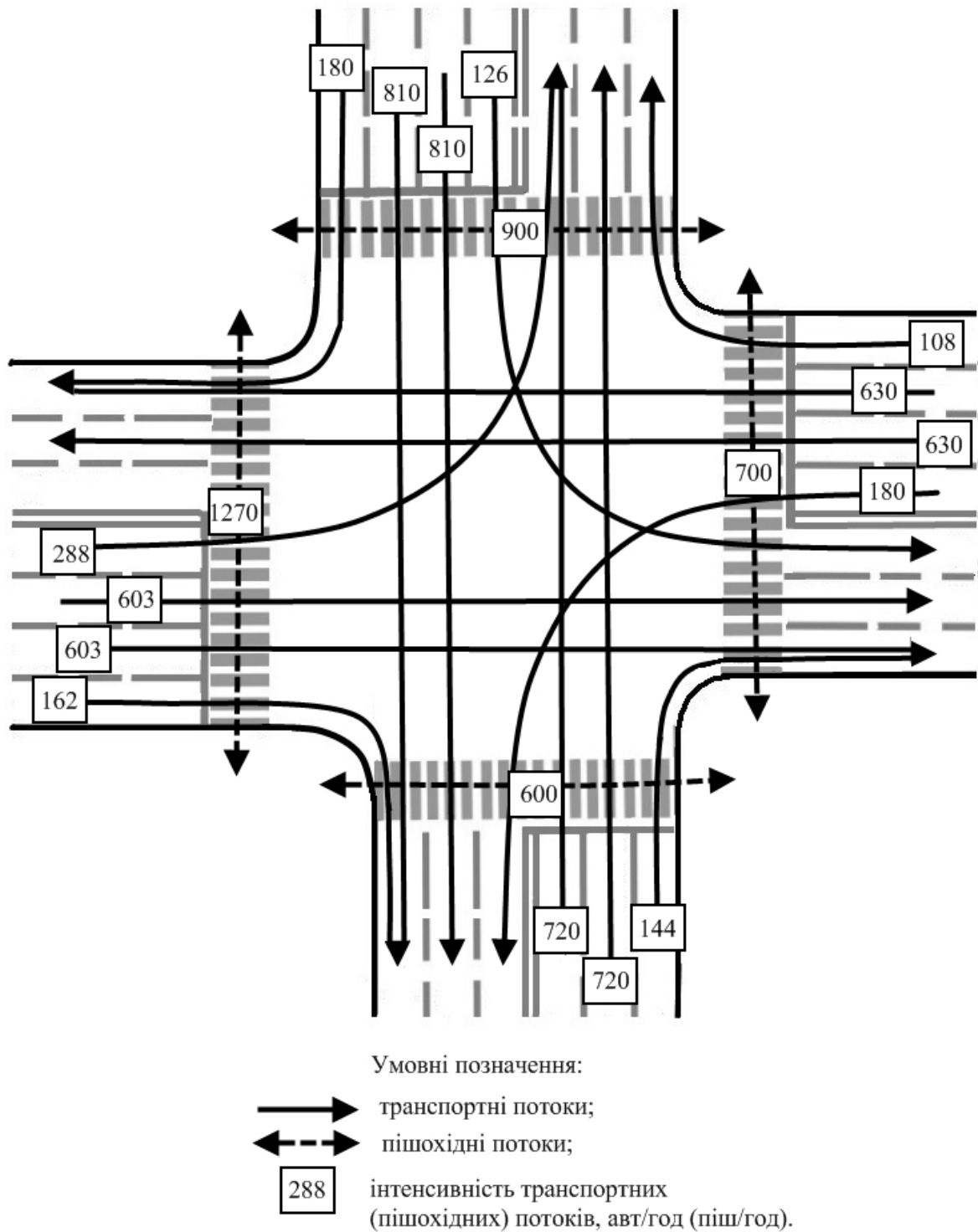


Рис. 4.29 – Схема перехрестя

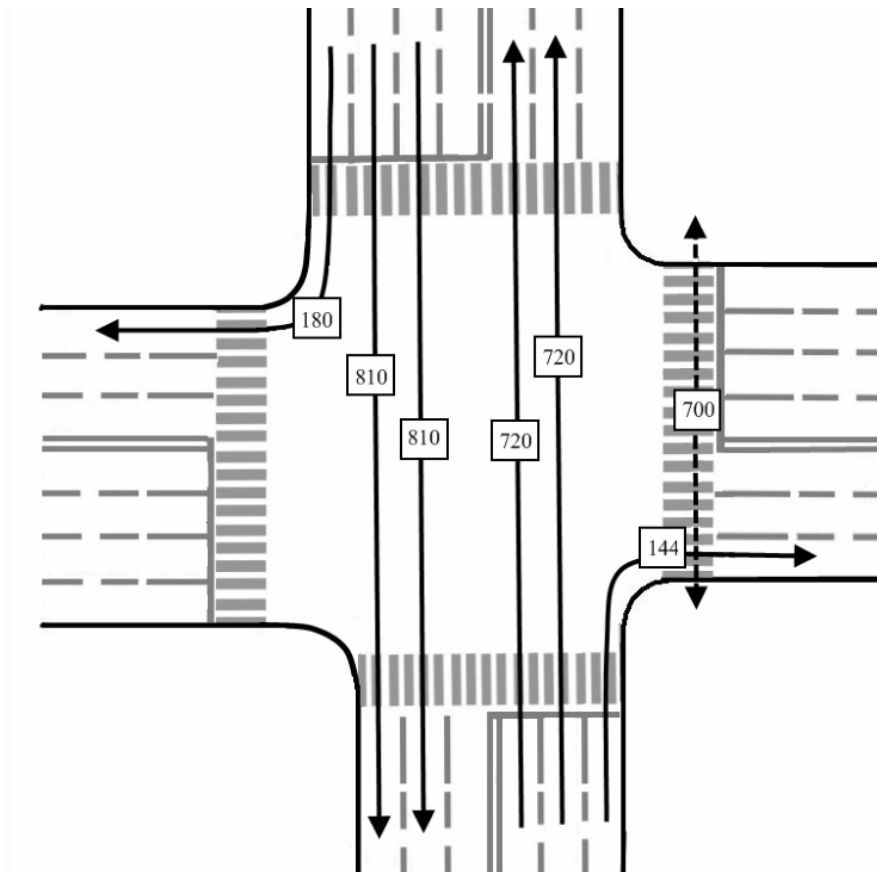


Рис. 4.30 – Схема руху транспортних потоків у першій фазі регулювання

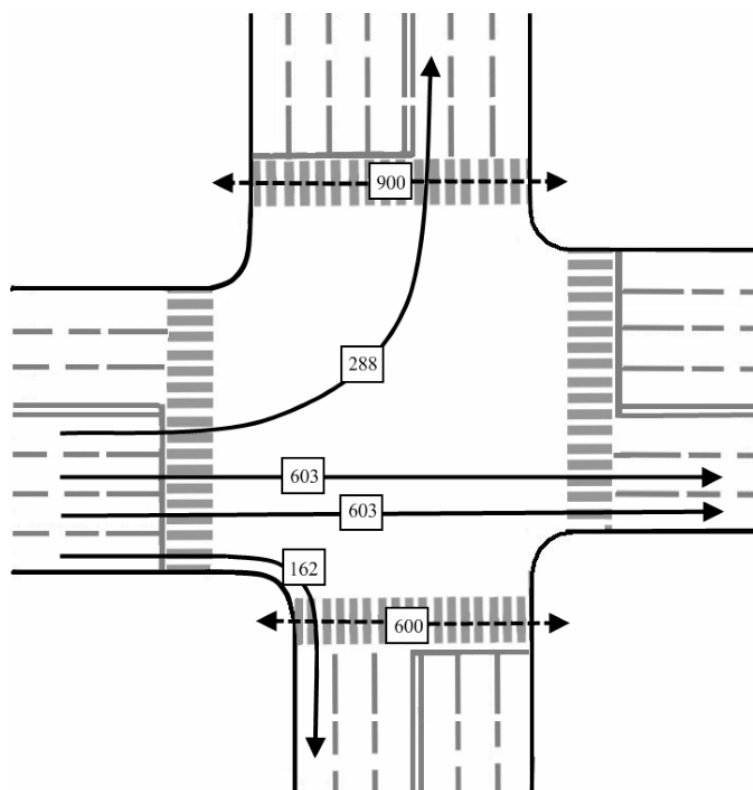


Рис. 4.31 – Схема руху транспортних потоків у другій фазі регулювання

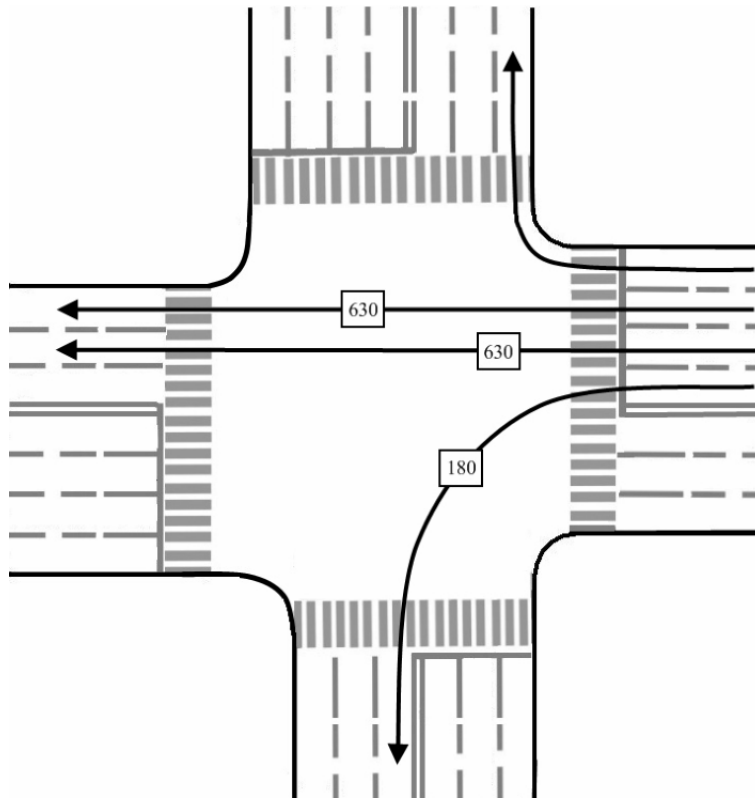


Рис. 4.32 – Схема руху транспортних потоків у третій фазі регулювання

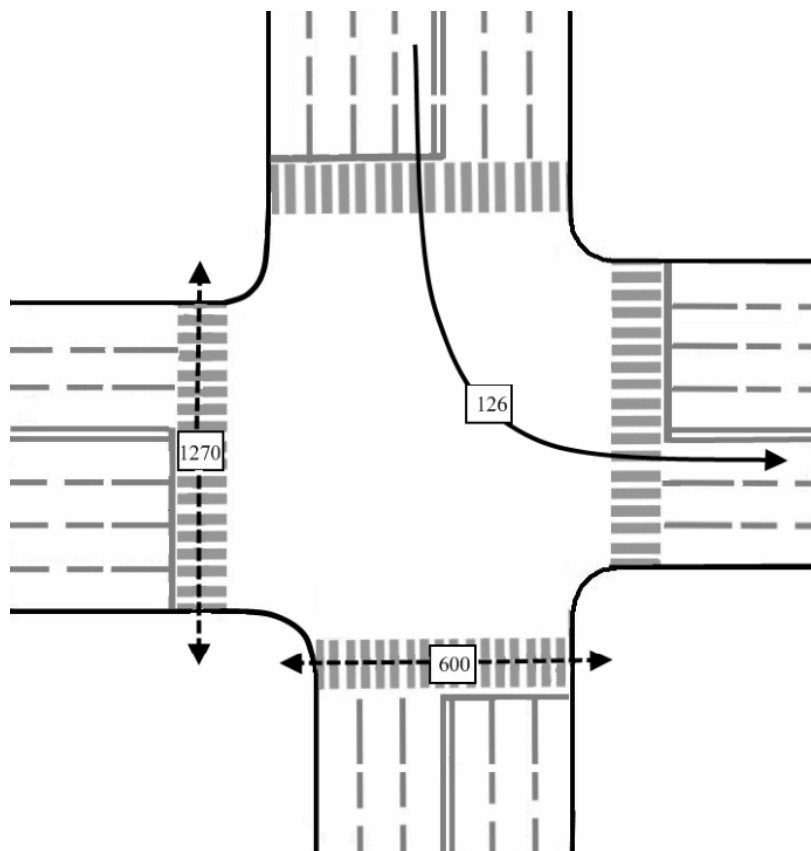


Рис. 4.33 – Схема руху транспортних потоків у четвертій фазі регулювання

Питання до перевірки знань:

1. Для чого потрібно раціонально організовувати схеми пофазного роз'їзду?
2. Чим потрібно керуватись при визначенні кількості фаз регулювання на перехресті?
3. Які технічні засоби регулювання використовуються для організації світлофорного регулювання?
4. В якому випадку потрібно призначати три фази регулювання?
5. В якому випадку потрібно призначати пішохідну фазу регулювання?

4.5. Визначення потоків насичення напрямків руху транспортних засобів на перехресті

Мета: набути практичні навички щодо розрахунку потоків насичення напрямків руху на перехресті.

Теоретична частина

Основним показником, що характеризує функціонування перехрестя є ступінь насичення напрямків руху на перехресті [13, 14, 18].

Потік насичення – це максимальна інтенсивність руху транспортних засобів на годину через стоп-лінію при включеному дозволяючому сигналі світлофора. Величина потоку насичення залежить від багатьох факторів, але насамперед від геометричних параметрів перехрестя [18]

$$M = f(B), \quad (4.39)$$

де B – ширина проїзної частини.

Через те, що розподіл транспортних засобів по ширині проїзної частини нерівномірний, виникає необхідність проводити корекцію розрахованої величини. З урахуванням цього величина потоку насичення визначається [13]:

$$M = 525 \cdot B \cdot 100 / (a + 1,75 \cdot b + 1,25 \cdot c), \quad (4.40)$$

де B – ширина проїзної частини, м;

a, b, c – відповідно відсоток потоків "прямо", "ліворуч", "праворуч".

Для визначення величини потоку насичення для поворотних потоків (при каналізованому русі) використовують залежність [18]

$$M = f(R), \quad (4.41)$$

де R – радіус повороту, м.

Решта факторів враховуються в понятті дорожні умови (добрі, середні, погані) і розрахована величина помножується на відповідний коефіцієнт [12].

Мінімальна тривалість циклу визначається з умови: кількість автомобілів, які прибули до перехрестя дорівнює кількості автомобілів, які можуть його залишити. Згідно з Вебстером мінімальна тривалість циклу дорівнює [13]

$$T_{min} = L / (1 - Y), \quad (4.42)$$

де L – втрачений час в циклі, с;

Y – сумарний фазовий коефіцієнт перехрестя.

Оптимальна тривалість циклу визначається за умови мінімізації середньої затримки на перехресті. Затримка розраховується за формулою [18]

$$d = \frac{C(1 - \lambda^2)}{2(1 - \lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1 - x)} + 0,65 \cdot \left(\frac{C}{q^2} \right)^{1/3} \cdot x^{(2+5\lambda)}, \quad (4.43)$$

де d – середня затримка одного транспортного засобу на перехресті;

C – тривалість циклу;

q – інтенсивність руху по напрямку, який розглядається;

λ – ефективна частка фази у циклі регулювання;

x – ступінь насичення фази.

Підтверджено експериментально, що при зменшенні тривалості циклу затримка зростає за рахунок збільшення непродуктивної частки в циклі регулювання. Але з іншого боку, збільшення тривалості циклу також призводить до зростання затримки, тому що не встигають роз'їжджатися черги на перехресті. Мінімум затримки досягається у випадку, коли відношення ефективних часток фаз дорівнює відношенню відповідних фазових коефіцієнтів.

Найбільш використовувана тривалість циклу знаходиться в межах 25–120 с. (рис. 4.38) [18].

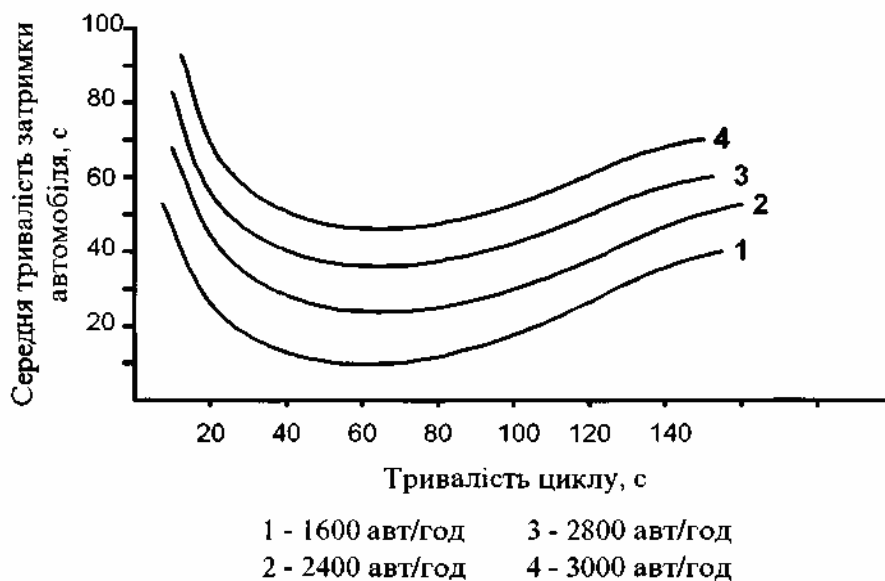


Рис. 4.38 – Залежність середньої затримки автомобіля на перехресті від тривалості циклу і інтенсивностей руху [18]

Тривалість такту для пішохідної фази визначається з умови можливості пішохода перетнути проїзну частину за тривалість цього такту. За основний такт приймають найбільшу з розрахованих тривалостей [13].

Було проведено багато спроб удосконалити методику Ф. Вебстера і сам вираз затримки (4.43). Відомі, наприклад формула Ньюела [18]

$$d = \frac{R^2}{2(R+g)(1-q/S)} + \frac{IH(\mu)}{2S} \left(\frac{g}{g+R} - \frac{q}{S} \right) + \frac{IR}{2S(R+g)(1-q/S)^2}, \quad (4.44)$$

де R – ефективна тривалість червоного сигналу;

g – ефективна тривалість зеленого сигналу;

q – інтенсивність руху, (авт./год.);

S – потік насичення, (авт./год.);

$H(\mu)$ – інтегральна залежність Вінера–Хопфа.

Формула Міллера

$$d = \frac{(C-g)}{2C(S-q)} \left[\frac{SI(2x-1)}{q(1-x)} + S(C-g) - I - 1 + \frac{q}{S} \right], \quad (4.45)$$

де I – коефіцієнт варіації інтенсивності руху;

C – тривалість циклу, с.

Але зазначені спроби удосконалити методику Вебстера Мілером і Ньюелом при істотному ускладненні розрахунків лише уточнюють її, як доводить практика – на 10–15%, що не дає підстав для відкинення Вебстеровської методики.

Завдання

1. Розрахувати потоки насичення напрямків руху на перехресті теоретичним методом.
2. Розрахувати потоки насичення напрямків руху на перехресті за допомогою емпіричних коефіцієнтів, що знижують значення потоку.

Вихідні дані

Вихідні дані представлено у дод. Г.

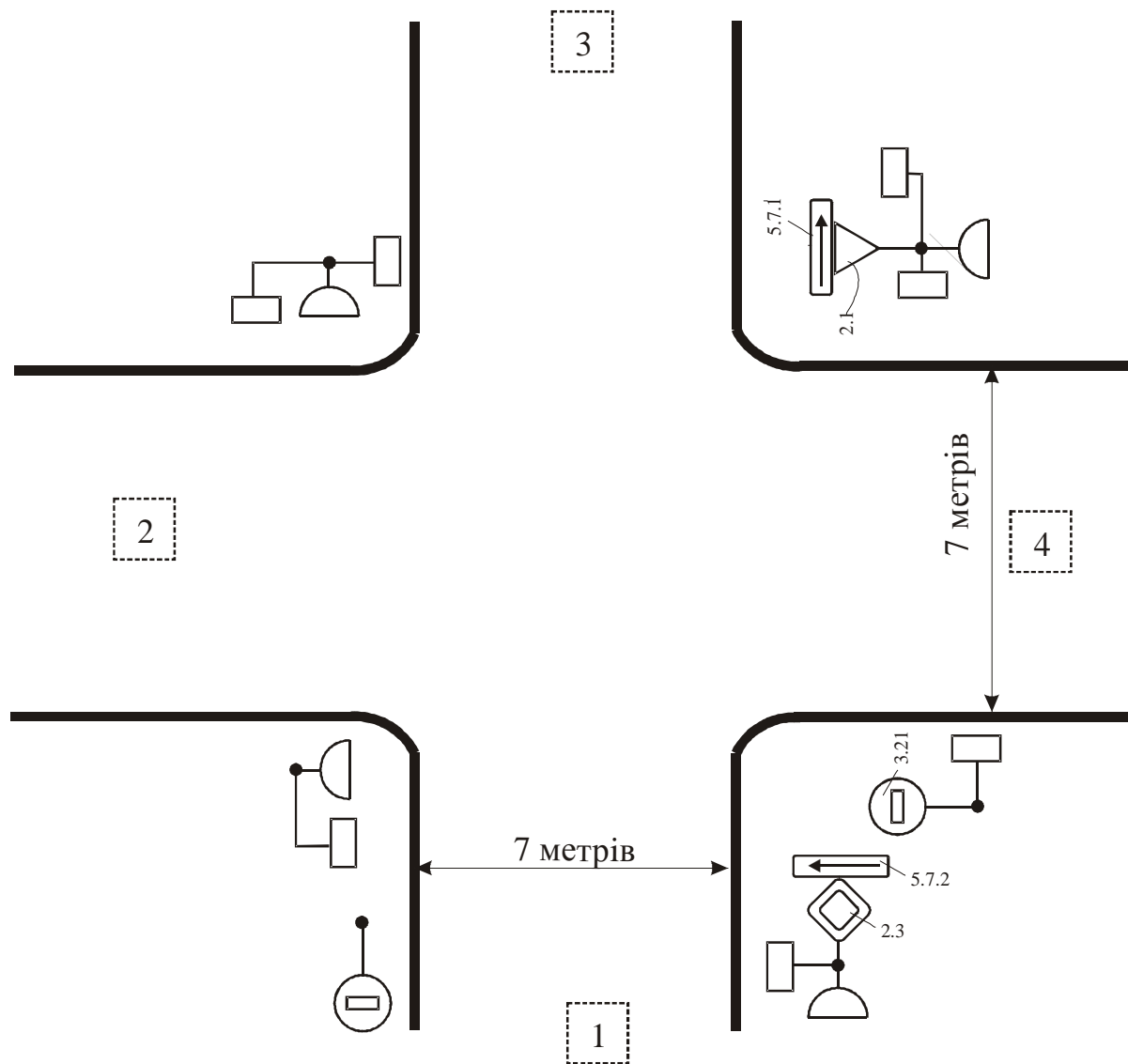
Вивчення характеристик дорожнього руху на небезпечному перехресті виконується за допомогою натурних обстежень [11, 13, 20]. Необхідно визначити наступні характеристики:

1. Інтенсивність руху транспортних потоків у різних напрямках на перехресті;
2. Склад транспортних потоків;
3. Інтенсивність пішохідних потоків;
4. Потоки насичення в різних напрямках;
5. Середню швидкість транспортних засобів в зоні перехрестя.

Обстеження інтенсивності транспортних і пішохідних потоків, середньої швидкості руху транспортних потоків рекомендується проводити за методикою, викладеної в підрозділі 1.1. При цьому допускається фіксування інтенсивності потоків протягом 15 хвилин в кожному напрямку. Потім визначають годинну інтенсивність потоків у фізичних і приведених одиницях. Для перетворення інтенсивності руху у фізичних одиницях до інтенсивності в приведених одиницях використовують коефіцієнти приведення [11]. Для визначення добової інтенсивності руху у фізичних і приведених одиницях потрібно скористатися процентним співвідношенням інтенсивності руху по годинах доби. Результати обстеження представляють у виді згідно з підрозділом 1.1 посібника.

Склад транспортних потоків визначають за матеріалами обстеження у фізичних і приведених одиницях. Інтенсивність пішохідних потоків фіксується протягом 15 хвилин в кожному напрямку. Після цього необхідно визначити годинну і добову інтенсивність пішохідних потоків на перехресті.

За матеріалами обстежень рисуємо схему перехрестя з технічними засобами (рис. 4.39) та будуємо картограму інтенсивності транспортних і пішохідних потоків (рис. 4.40).



Умовні позначення:

□ - пішохідний світлофор;

◐ - транспортний світлофор;

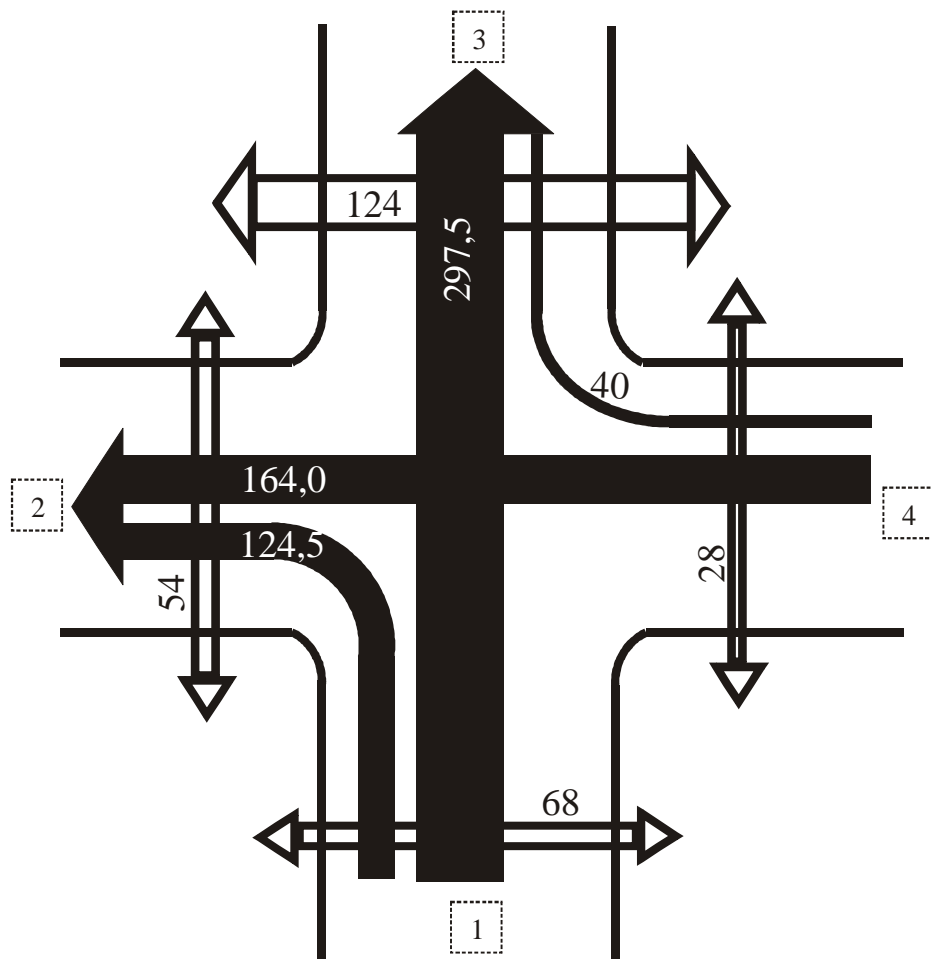
4 - номер підходу до перехрестя.

Рис. 4.39 – Схема існуючої організації дорожнього руху на перехресті

1. Потоки насичення встановлюють для кожного напрямку різних фаз регулювання. Для регульованих перехресть визначають потоки насичення шляхом натурних обстежень з використанням залежності [13]:

$$M_{n_{i-j}} = \frac{3600}{n} \sum_{z=1}^n \frac{m_z}{t_z}, \quad (4.46)$$

де i – номер фази регулювання;
 j – номер напрямку руху;
 n – число вимірів;
 m_z – число приведених транспортних одиниць, що пройшли через
 стоп-лінію за час t_z од.



Умовні позначення:



-  - напрямок руху транспортного потоку;
 - напрямок руху пішохідного потоку.

Рис. 4.40 – Картограма інтенсивності транспортних і пішохідних потоків в
 приведених одиницях

Відлік часу t починають з моменту включення дозволяючого сигналу світлофора і закінчують у момент перетинання „стоп – лінії” останнім автомобілем черги. Виміри повторюють 10 разів. При довжині черги більш 10 автомобілів досить зробити 3–5 вимірів [13].

Приклад картки для визначення потоків насичення наведено на рис. Г.11.

Приведемо приклад розрахунку потоку насичення за формулою (4.46) для напрямку 1–2 з рис. 4.40:

$$M_{n_{1-2}} = \frac{3600}{10} \cdot \left(\frac{2}{6} + \frac{1}{5} + \frac{3}{12} + \frac{1}{6} + \frac{2}{6} + \frac{2}{7} + \frac{1}{4} + \frac{3}{10} + \frac{1}{6} + \frac{2}{10} \right) = 895.$$

Розрахунки потоків насичення для інших напрямків виконують аналогічно. Результати зводять в табл. 4.10.

В процесі натурних обстежень також визначалась середня швидкість транспортних засобів в зоні перехрестя, значення якої необхідні для розрахунку параметрів світлофornoї сигналізації. Виміри швидкості проводили для різних типів рухомого складу на ділянці довжиною 100 метрів на деякому віддаленні від перехрестя (при наближенні до перетинання транспортні засоби сповільнюються). Наприклад середня швидкість на підході до перехрестя для транспортних засобів, що рухаються в першій фазі $V_{a1}=40$ км./год., а в другій $V_{a2}=40$ км./год.

Таблиця 4.10

Значення потоків насичення за напрямками	
Напрямок	Потік насичення, авт./год.
1–2	895
1–3	1076
4–2	1304
4–3	794

2. Потоки насичення розраховується окремо для кожного напрямку руху транспортних потоків на перехресті. Оскільки перехрестя є проєктованим, потоки насичення визначаються не шляхом натурних спостережень, а по ем-

піричних залежностях [13]:

$$M_{Hij} = 525 \cdot B_{ПЧ} \cdot K_i \cdot K_R \cdot K_C, \quad (4.47)$$

де M_{Hij} – потік насичення j -го напрямку руху в i -й фазі регулювання, авт./год.;

$B_{ПЧ}$ – ширина проїзної частини, м.;

K_i – коефіцієнт, що враховує вплив подовжнього ухилу дороги на потік насичення;

K_R – коефіцієнт, що враховує вплив радіусу кривизни траєкторії руху поворотних потоків на потік насичення;

K_C – коефіцієнт, що враховує вплив складу транспортних потоків на потік насичення.

Потік насичення розраховується за формулою (4.47), якщо ширина проїзної частини для даного напрямку руху не менше 5,4 м. Якщо менше 5,4 м, значення $(525 \cdot B_{ПЧ})$ у формулі (4.47) приймають за даними табл. 4.11.

При інших значеннях $B_{ПЧ}$ для знаходження $(525 \cdot B_{ПЧ})$ застосовується інтерполяція.

Коефіцієнт K_i визначають за формулою [13]

$$K_i = 1 \pm \frac{3 \cdot i}{100}, \quad (4.48)$$

де i – поздовжній ухил, %.

Таблиця 4.11

Залежність потоку насичення від ширини проїзної частини [13]

Ширина проїзної частини, м	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,1
Значення $(525 \cdot B_{ПЧ})$, авт./год.	1850	1875	1950	2075	2475	2700

Коефіцієнт K_R визначається за формулою [13]

$$K_R = \frac{1}{1 + \frac{1,525}{R}}, \quad (4.49)$$

де R – радіус кривизни траєкторії руху поворотних потоків, м. Значення R визначається за планом перехрестя, накресленому в масштабі.

Якщо з якоїсь смуги транспортні засоби рухаються в різних напрямках, потік насичення зменшується через взаємні перешкоди автомобілів. В цьому випадку коефіцієнт K_R не використовується в формулі (4.47). Замість цього застосовується коефіцієнт K_C [13]:

$$K_C = \frac{100}{a + 1,75 \cdot b + 1,25 \cdot c}, \quad (4.50)$$

де a, b, c – частки інтенсивності руху транспортних засобів відповідно прямо, ліворуч і праворуч від загальної інтенсивності руху по смузі, %.

Впливом K_C можна зневажити при частці поворотних потоків менше 10%. Перед розрахунком K_C слід визначити інтенсивність руху по смугах відповідно до обраної схеми пофазного роз'їзду.

Наприклад розглянемо схему руху транспортних потоків на перехресті (рис. 4.29). Для розрахунку потоку насичення треба визначити значення коефіцієнту K_R для лівоповоротного потоку:

$$K_R = \frac{1}{1 + \frac{1,525}{15}} = 0,909.$$

Оскільки для поворотних потоків ширина смуги дорівнює 3,5 м., то визначення добутку $525 \cdot B_{ПЧ}$ проводимо за формулою лінійної інтерполяції:

$$525 \cdot B_{ПЧ} = M_n^{min} + \frac{(M_n^{max} - M_n^{min}) \cdot (B_{нч}^{3,5} - B_{нч}^{min})}{B_{нч}^{max} - B_{нч}^{min}}, \quad (4.51)$$

де M_n^{max} – потік насичення, що відповідає верхній границі інтервалу;

M_n^{min} – потік насичення, що відповідає нижній границі інтервалу;

B_{nc}^{max} – ширина проїзної частини, що відповідає верхній границі інтервалу, м.;

B_{nc}^{min} – ширина проїзної частини, що відповідає нижній границі інтервалу, м.;

$B_{nc}^{3,5}$ – ширина проїзної частини в 3,5 м.

Наприклад для ширини смуги руху 3,5 м. потік насичення складає:

$$525 \cdot B_{nc} = 1875 + \frac{(1950 - 1875) \cdot (3,5 - 3,3)}{3,6 - 3,3} = 1925;$$

$$M_{nij} = 1925 \cdot 0,909 = 1750.$$

Для даного перехрестя коефіцієнт K_c не розраховують, так як рух транспортних потоків здійснюється з окремих смуг руху по всім напрямкам.

Питання до перевірки знань:

1. Що розуміється під ступенем насичення рухом на перехресті?
2. Які існують методи визначення ступеня насичення?
3. Для чого застосовують коефіцієнти зниження пропускної здатності?
4. Від чого залежить потік насичення на регульованому перехресті?
5. Від чого залежить потік насичення на нерегульованому перехресті?

4.6. Розрахунок параметрів циклу світлофорного регулювання

Мета: придбати практичні навички щодо розрахунку циклу світлофорного регулювання на перехресті.

Теоретична частина

Світлофорне регулювання рухом (СФР) є розширеним методом організації дорожнього руху, вживаним для підвищення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі в окремих напрямках, а також для забезпечення безпечних переміщень різних категорій учасників дорожнього руху. Розрізняють локальне і магістральне управління [13, 18].

Локальне управління застосовується найчастіше на окремому або, як то кажуть, ізольованому перехресті, яке не має зв'язку з сусідніми перехрестями ні по управлінню ні по потоку. Зміна сигналів світлофора на такому перехресті забезпечується за індивідуальною програмою незалежно від умов руху на сусідніх перехрестях, а прибуття транспортних засобів до цього перехрестя носить випадковий характер. Організація узгодженої зміни сигналів на групі перехресть, здійснювана в цілях зменшення часу руху транспортних засобів в заданому районі, називається координованим управлінням (управлінням за принципом "зеленої хвилі"). У цьому випадку використовують системне управління. Будь-який пристрій автоматичного управління функціонує відповідно до певного алгоритму, який є описом процесів переробки інформації і вироблення необхідної дії, що управляє. Стосовно дорожнього руху переробляють інформацію про параметри руху і визначають характер управління світлофорами, що впливають на транспортний потік.

Локальне управління полягає у виробленні дій (в зоні одного перехрестя) на основі статистично оцінених мікро або макрохарактеристик транспортних мереж. Цільова функція локального управління забезпечує отримання оцінки ефективності функціонування ТП на одному перехресті без урахуван-

ня сусідніх [13].

Кінцеве завдання локального управління – перемикання світлофорних сигналів в зоні одного перехрестя – може бути розділена на декілька завдань, вирішуваних в наступній послідовності [12, 18]: «фазоутворення – формування фаз управління, тобто сукупностей не конфліктуючих напрямів, по яких можуть рухатися ТЗ на перехресті»; компоновка фаз – формування послідовності включення фаз управління; «корекція тривалості – формування тривалості фаз управління;» формування перехідних інтервалів, протягом яких відбувається зміна фаз управління [18].

Магістральним управлінням називається узгоджена робота світлофорних об'єктів з метою скорочення затримки транспортних засобів. Принцип координації полягає у включенні на подальшому перехресті по відношенню до попереднього зеленого сигналу із деяким , тривалість якого залежить від часу руху цих транспортних засобів між цими перехрестями. Таким чином транспортні засоби по магістралі (або якому-небудь маршруту руху) як би за розкладом, прибуваючи до чергового перехрестя в той момент, коли на ньому в даному напрямі включається зелений сигнал. Це забезпечує зменшення числа невинуватених зупинок і гальмувань в потоці, а також рівня транспортних затримок.

Магістральні системи регулювання руху є прогресивнішими, ніж локальне регулювання. Суть цих систем полягає в тому, що між суміжними світлофорними об'єктами встановлюється взаємозв'язок, що забезпечує включення зелених сигналів до моментів підходу впорядкованих груп автомобілів, рухомих з певною розрахунковою швидкістю [20, 23].

Системне управління забезпечує оптимізацію функціонування ТП в зоні, що включає безліч перехресть і, як правило, проводиться з урахуванням макрочарактеристик потоків, причому зміна дій, що управляють, на одному перехресті неминуче викликає зміну характеристик ТП на сусідніх [13, 20, 23].

Введення СФР на перехресті передбачає проведення великого обсягу досліджень спрямованих на вибір вихідних даних для розрахунку технології

управління [18].

Технологія управління СФР на перехресті може здійснюватися за фазами і сигнальними групами (окремими напрямками руху). Почергове надання права на рух передбачає періодичність або циклічність роботи світлофорного об'єкту [18, 20]. Для кількісної і якісної характеристики його роботи існують поняття такту, фази і циклу регулювання. Під тактом регулювання розуміється період дії певної комбінації світлофорних сигналів. Такти бувають основними і додатковими. Протягом дії основного такту дозволено рух певній групі транспортних і пішохідних потоків, а конфліктуючій групі рух заборонено. Під час дії додаткового такту виїзд на перехрестя заборонено. Метою застосування додаткового такту є забезпечення БР в перехідний період, коли рух попередньої групи потоків вже заборонений, а наступна група дозвіл на рух ще не отримала. Під фазою регулювання розуміється сукупність основного і наступного за ним додаткового такту. Під циклом регулювання розуміється сукупність всіх фаз, які періодично повторюються. При пофазному регулюванні забезпечується розподіл конфліктних потоків у часі. Вибір кількості фаз є рішенням компромісним. З погляду БР кількість фаз повинно бути таким, щоб не було жодної конфліктної точки, але, разом з тим, збільшення кількості фаз веде до збільшення тривалості циклу і, що зовсім небажано, до збільшення непродуктивної частини циклу кількості і сумарної тривалості додаткових тактів.

Управління за фазами є відносно простим методом ОДР на перехресті. Протягом однієї фази тривалість основних тактів по всім напрямкам однакова. Тривалість основного такту у кожному напрямку залежить від інтенсивності руху по цьому напрямку, тому тривалість основного такту в циклі регулювання, як правило, визначає найбільш завантажений напрямок [5, 18]. Це призводить до того, що на інших напрямках існує надлишок зеленого сигналу, що небажано.

З виникненням контролерів з програмним забезпеченням для окремих напрямків, стало можливим здійснювати регулювання по цим напрямкам.

Тобто, на кожному напрямку використовується свій світлофор зі своєю програмою роботи. У цьому випадку, наприклад на менш завантаженому напрямку дозволяючий сигнал може бути виключений раніше, що приведе до більшого насичення цього напрямку [18, 12].

Пофазне регулювання передбачає роз'їзд транспортних засобів, який забезпечує розподіл конфліктуючих потоків [13]. Вибір між регулюванням за фазами або за сигнальними групами на даний час здійснюється чисто інтуїтивно, і може бути перевірений лише при проведенні експериментів, тому що чітких критеріїв вибору не існує.

До найбільш поширених показників відносяться середній час руху між елементами ВДМ (у тому числі перехрестя), середню затримку, середню швидкість транспортних засобів.

Для опису транспортного потоку на ізольованому перехресті знайшли своє застосування різні математичні моделі, які у більшості випадків складаються з трьох складових частин: моделей прибуття транспортного засобу, чекання і вибуття з черги протягом дії зеленого сигналу. У практиці регулювання дорожнім рухом найбільше розповсюдження знайшла модель, розроблена англійським дослідником Вебстером [13, 18, 24].

Завдання

1. Розрахувати фазові коефіцієнти.
2. Розрахувати тривалість проміжних тактів та час циклу регулювання.
3. Розрахувати тривалість основного такту регулювання.
4. Розрахувати час необхідний для пропуску пішохідного потоку.

Вихідні дані

Вихідні дані подано у дод. Г.

Вихідними даними для розрахунку режиму роботи світлофорної сигналізації є характеристики дорожнього руху на небезпечному перехресті.

1. Для напрямку руху в кожній фазі регулювання визначають фазові коефіцієнти [13]:

$$Y_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_{nij}}, \quad (4.52)$$

де Y_{ij} – фазовий коефіцієнт j -го напрямку руху в i -ї фазі регулювання;

N_{ij} – інтенсивність руху в j -му напрямку i -ї фази регулювання, авт./год.

В якості розрахункових фазових коефіцієнтів для кожної фази приймають найбільші значення Y_{ij} у кожній фазі. Якщо транспортний потік пропускається протягом двох фаз, то для нього окремо розраховують фазовий коефіцієнт. Якщо цей фазовий коефіцієнт більше суми розрахункових фазових коефіцієнтів тих фаз, протягом яких він пропускається, то розрахункові фазові коефіцієнти збільшують.

2. Тривалість проміжних тактів у кожній фазі розраховують за формулою с. [13]:

$$t_n = \frac{V_a}{7,2 \cdot a_t} + \frac{3,6(l_j + l_a)}{V_a}, \quad (4.53)$$

де V_a – середня швидкість руху транспортних засобів у зоні перехрестя, км./год.;

a_t – середнє уповільнення транспортного засобу при вмиканні сигналу, що забороняє рух, м./с.²;

l_j – відстань від стоп-лінії до самої дальньої конфліктної точки пере-

тинання з транспортними засобами, що починають рух у наступній фазі, м.;

l_a – довжина транспортного засобу, що найбільш часто зустрічається у потоці, м.

Значення V_a приймають довільно. Уповільнення $a_t = 3...4$, м./с.² [13].

Виходячи з вимог безпеки руху, приймають $t_n = 3...4$ с., незалежно від розрахункового значення [13].

Оскільки інтервали між послідовно прибуваючими транспортними засобами до перехрестя, як правило неоднакові, тривалість циклу світлофорного регулювання розраховують за формулою Вебстера [13]:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5 \cdot T_n + 5}{1 - Y}, \quad (4.54)$$

де T_n – сума тривалості проміжних тактів t_n , с.;

Y – сума розрахункових фазових коефіцієнтів.

$$T_n = \sum_{i=1}^k t_{ni}; \quad (4.55)$$

$$Y = \sum_{i=1}^k Y_i, \quad (4.56)$$

де k – число фаз регулювання.

Виходячи з вимог безпеки руху, незалежно від розрахункового значення, приймають $T_{\text{ц}} = 25...120$ с. [13].

3. Тривалість основного такту в i -й фазі регулювання розраховується за формулою [13]

$$t_{oi} = \frac{(T_{\text{ц}} - T_n) \cdot Y_i}{Y}, \quad (4.57)$$

t_{oi} приймають не менше 7 с. для забезпечення вимог безпеки руху [13].

4. Час, необхідний для пропуску пішоходів в якомусь напрямку руху розраховують за формулою [13]

$$t_{nu} = 5 + \frac{B_{пч}}{V_{пш}}, \quad (4.58)$$

де $V_{пш}$ – швидкість руху пішоходів, м./с.

Для практичних розрахунків можна прийняти $V_{пш} = 1,3$ м./с. Якщо які-небудь значення t_{nu} більше тривалості відповідних основних тактів, то приймають $t_{oi} = t_{nu}$. Тривалість циклу в цьому випадку також необхідно збільшити.

Наприклад для перехрестя (рис. 4.40) розрахуємо фазові коефіцієнти для напрямку руху в кожній фазі регулювання (рис. 4.41). Потік насичення для напрямку 4–3 згідно з табл. 4.10 становить 794 авт./год.

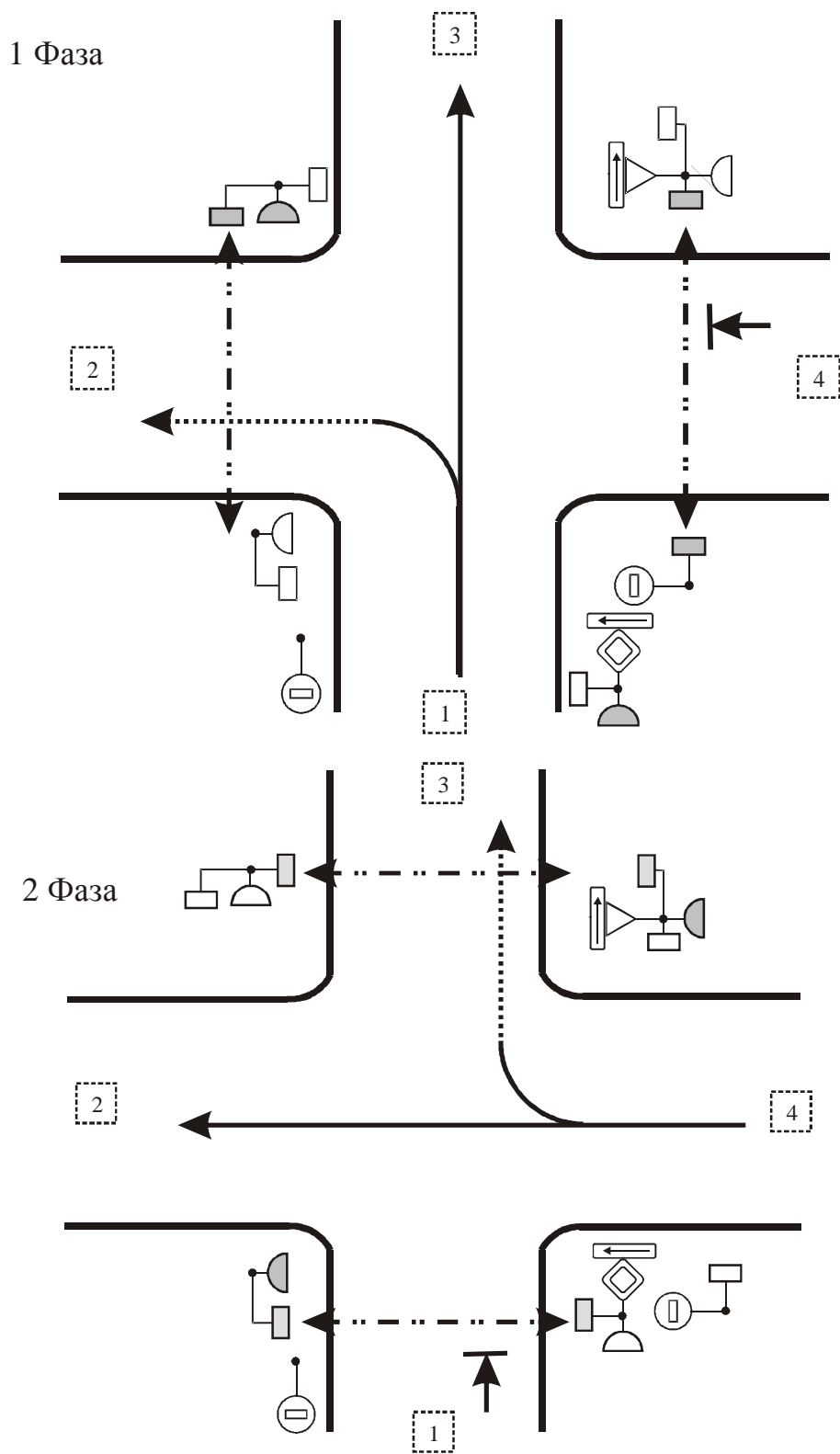
$$Y_{4-3} = \frac{40}{794} = 0,05.$$

По інших напрямках фазові коефіцієнти розраховуються аналогічно за формулою (4.52). У якості розрахункових у кожній фазі обирають коефіцієнти, що мають найбільші значення. Результати подають у вигляді підсумкової табл. 4.13. Тривалість проміжних тактів в кожній з фаз регулювання визначають згідно з (4.53) та рекомендаціями, що наведені у п.2. Відстань від стоп-лінії до дальньої конфліктної точки на перехресті, швидкість входу транспортних засобів в зону перехрестя визначають за рекомендаціями [13].

Таблиця 4.13

Результати розрахунків фазових коефіцієнтів

Фаза	Напрямок руху	Інтенсивність приведених авт./год.	Потік насичення, авт./год.	Значення фазових коефіцієнтів	Розрахунковий фазовий коефіцієнт
1	1–2	124,5	895	0,139	0,276
	1–3	297,5	1076	0,276	
2	4–2	164	1304	0,125	0,125
	4–3	40	794	0,05	







Умовні позначення:  - сигнал, що дозволяє пішохідний рух;
 - сигнал, що дозволяє рух транспортних засобів;
 - транспортний потік;
 - пішохідний потік.

Рис. 4.41 – Дозволені напрямки руху транспортних і пішохідних потоків у двох фазах регулювання

Для першої фази регулювання ($l_{j1}=16\text{м.}$, $V_{a1} = 40 \text{ км./год.}$):

$$t_{n1} = \frac{40}{7,2 \cdot 3} + \frac{3,6 \cdot (16 + 5)}{40} = 3,74;$$

$$t_{o1} = \frac{(28,98 - (3,74 + 3,83)) \cdot 0,27}{(0,27 + 0,13)} = 12,62;$$

$$t_{\text{пш1}} = 5 + \frac{7}{1,3} = 10,38.$$

Для другої фази регулювання ($l_{j2}=17 \text{ м.}$, $V_{a2}=40 \text{ км./год.}$):

$$t_{n2} = \frac{40}{7,2 \cdot 3} + \frac{3,6 \cdot (17 + 5)}{40} = 3,83;$$

$$t_{o2} = \frac{(28,98 - (3,74 + 3,83)) \cdot 0,13}{(0,27 + 0,13)} = 5,74;$$

$$t_{\text{пш2}} = 5 + \frac{7}{1,3} = 10,38;$$

$$T_{\text{ц}} = 12,62 + 10,38 + 3,74 + 3,83 = 30,57.$$

Питання для самоперевірки та контролю знань

1. З яких елементів складається час циклу регулювання?
2. Що розуміють під фазовим коефіцієнтом?
3. За яких умов після розрахунків часу циклу проводять його корегування?
4. За яке значення приймають час проміжного такту регулювання?
5. Що розуміють під дальньою конфліктною точкою?

4.7. Розрахунок економічних і соціальних показників ефективності проектних рішень після впровадження заходів з організації дорожнього руху

Теоретична частина

Заходи з організації дорожнього руху за умовами визначення їх вартості можна розділити на дві групи [6, 11, 23]:

1) заходи, що потребують значного обсягу будівельно-монтажних робіт з великим строком будівництва (до них відносяться, наприклад, будівництво обхідних доріг населених пунктів, реконструкція автомобільних доріг, будівництво розв'язок на різних рівнях, підземних пішохідних переходів та ін.);

2) заходи, що не потребують проведення великих за обсягом будівельно-монтажних робіт (наприклад, установка технічних засобів організації дорожнього руху, обладнання доріг знаками тощо).

Заходи з ОДР першої і другої груп єдині за методологією визначення їх вартості.

Ефективність інвестицій визначається співставленням отриманого ефекту з розмірами інвестицій.

В інвестиціях, які приймаються для розрахунків ефективності, враховуються витрати по усіх джерелах фінансування: на створення нових, реконструкцію та розширення діючих основних фондів виробничого і невиробничого призначення. До інвестицій входять витрати на будівельно-монтажні роботи, придбання обладнання, транспортних засобів та інвентарю, а також на проектно-вишукувальні роботи та інші види робіт, пов'язані з будівництвом.

Характерна особливість дорожнього будівництва – етапність (чи стадійність) інвестицій (капітальних вкладень) і непостійні, змінювані у часі експлуатаційні (поточні) витрати через безперервне збільшення інтенсивності руху і вантажообігу. У цьому випадку показники ефективності будуть змінюватися в

залежності від того, поточні витрати якого року повинні прийматися у розрахунок.

Оцінка ефективності інвестицій у дорожнє будівництво і заходи з ОДР може бути застосована тільки при умові, що у кожному з варіантів, що розглядаються, одночасні витрати протягом строку порівняння робляться тільки одного разу на початку, розподіл витрат протягом періоду будівництва не враховуються, строки служби об'єктів у всіх варіантах однакові, а поточні витрати не змінюються по роках (приймається умовно).

Загальновідомо, що автомобілізація має величезний вплив на соціально-економічний розвиток суспільства. Але, як показує зарубіжний і власний досвід, поряд з позитивним впливом на економіку, автомобільний транспорт може визвати і ряд негативних наслідків, які особливо проявилися за останні десятиріччя у великих містах: зросла кількість дорожньо-транспортних подій (ДТП), збільшилося забрудненість повітряного басейну, все частіше виникають транспортні затори і різко знижуються швидкості руху.

Перераховані негативні наслідки автомобілізації повинні мінімізуватися рішенням тих чи інших наукових або інженерних задач.

Дійові засоби вирішення подібних задач – методи організації дорожнього руху (ОДР), які знаходять усе більше розповсюдження завдяки їх високій ефективності, порівняній простоті та економічності.

Але заходи з ОДР потребують визначених, часто значних фінансових витрат. Ось чому, коли проектується комплекс заходів з ОДР для якогось об'єкта, необхідно враховувати конкретні умови упровадження, рентабельність пропонованих рішень. Іншими словами, потрібно обґрунтувати проект, чи, як зараз прийнято казати, необхідно створити бізнес-план інвестиційного проекту.

Одна з важливих проблем оцінки ефективності заходів з ОДР - виявлення і визначення соціально-економічних втрат, пов'язаних з недосконалістю ОДР. Основні складові вказаних втрат представлено на рис. 4.42.



Рис. 4.42 – Складові витрат, що пов'язані з недосконалістю ОДР [23]

Завдання

1. Визначити витрати на експлуатацію світлофорного об'єкту.
2. Визначити затримки руху транспортних потоків на регульованому і нерегульованому перехресті.
3. Визначити витрати часу транспортних і пішохідних потоків на перехресті.
4. Визначити коефіцієнт економічної ефективності.

Вихідні дані

В роботі використовуються дані з підрозділу 4.6.

Вказівки до виконання завдання

Для обґрунтування економічної доцільності введення світлофорного регулювання, необхідно визначити витрати на експлуатацію світлофорного

об'єкта, вартість витрат часу транспортних засобів, пішоходів і пасажирів на нерегульованому і регульованому перехресті, зниження збитку від ДТП.

У загальному випадку витрати на експлуатацію світлофорного об'єкта визначають за формулою

$$C_{\Sigma} = I_p + I_{\Sigma H} + I_A, \quad (4.59)$$

де I_p – витрати на виконання поточного і профілактичного ремонту, грн.;

$I_{\Sigma H}$ – витрати на електроенергію, грн.;

I_A – витрати на амортизаційні відрахування, грн.

Витрати на виконання поточного і профілактичного ремонту визначають за формулою

$$I_p = \frac{K_{\delta} \cdot n_p}{100}, \quad (4.60)$$

де K_{δ} – балансова вартість світлофорного об'єкта, грн.;

n_p – норма відрахувань на поточний ремонт і утримання, % (приймаємо 5%).

Витрати на електроенергію визначають за формулою

$$I_{\Sigma H} = \Pi_{\Sigma H} \cdot \kappa_m \cdot P \cdot T_{pb}, \quad (4.61)$$

де $\Pi_{\Sigma H}$ – вартість 1 квт./год. електроенергії, грн.;

κ_m – коефіцієнт використання встановленої потужності (приймаємо 1);

P – установлена потужність струмоприймача, квт. (дорівнює сумарній потужності одночасно палаючих ламп світлофорного об'єкта. Потужність однієї лампи приймаємо 60 Вт.);

T_{pb} – кількість годин роботи устаткування протягом року.

Витрати на амортизаційні відрахування визначають за формулою

$$I_A = \frac{K_{\phi} \cdot n_a}{100}, \quad (4.62)$$

де n_a - норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення і ремонт устаткування, % (для технічних засобів регулювання приймається 12%).

Вартість витрат часу транспортних засобів на нерегульованому перехресті визначається в наступному порядку.

Для кожного напрямку другорядної дороги обчислюють середню затримку автомобіля (при експоненціальному розподілі тимчасових інтервалів між автомобілями на головній дорозі) [13]

$$t_{\Delta H j} = \frac{e^{N_{\Gamma} t_{\Gamma P}} - N_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma P} - 1}{N_{\Gamma} - N_{B j} \cdot (e^{N_{\Gamma} t_{\Gamma P}} - N_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma P} - 1)} + \frac{V_a}{7,2} \cdot \left(\frac{1}{a_T} + \frac{1}{a_P} \right), \quad (4.63)$$

де N_{Γ} - інтенсивність транспортного потоку на головній дорозі в обох напрямках у фізичних одиницях, авт./с.;

$N_{B j}$ - середня інтенсивність, що приходить на одну смугу другорядної дороги в j -ому напрямку, авт./с.;

$t_{\Gamma P}$ - граничний інтервал часу, с.;

a_T, a_P - відповідної уповільнення автомобіля ($a_T = 3 - 4$ м./с.²) і прискорення автомобіля ($a_P = 1,0 - 1,5$ м./с.²).

Граничний інтервал $t_{\Gamma P}$ залежить від багатьох факторів, головним чином від виду маневру транспортного засобу. При перетинанні двохсмугової дороги $t_{\Gamma P} = 6 - 8$ с., при лівому повороті $t_{\Gamma P} = 10 - 13$ с., при правому повороті $t_{\Gamma P} = 4 - 7$ с. Якщо число смуг головної дороги більше двох, діапазон зміни $t_{\Gamma P} = 2 - 3$ с.[13].

Середню затримку автомобіля на нерегульованому перехресті розраховують як середньозважене значення затримок усіх напрямків другорядної дороги (табл. 4.14). [13]

$$\bar{t}_{\Delta H} = \frac{\sum_{j=1}^n (t_{\Delta H j} \cdot N_j)}{\sum_{j=1}^n N_j}. \quad (4.64)$$

Таблиця 4.14

Показники нерегульованого перехрестя

Напрямок руху	Інтенсивність руху на другорядній дорозі N_{Bj} , авт./с.	Граничний інтервал часу $t_{ГР}$, с.	Середня швидкість ТЗ в районі перехрестя V_a , км./год.	Середня затримка автомобіля $t_{\Delta H j}$, с.

Витрати часу транспортних засобів на нерегульованому перехресті за рік визначаються за формулою [1]

$$T_H = \frac{365 \cdot N_B \cdot \bar{t}_{\Delta H}}{3600}, \quad (4.65)$$

де N_B – інтенсивність руху на другорядній дорозі у фізичних одиницях в обох напрямках авт./год.

Витрати часу транспортних засобів на нерегульованому перехресті визначаються за формулою [1]

$$C_{TP}^H = T_H \cdot \sum_{i=1}^m C_{ноcmi} \cdot d_i, \quad (4.66)$$

де C_{nocmi} – постійні витрати i -ої групи транспортних засобів, грн./год.;

d_i – питома вага i -ої групи транспортних засобів у потоці.

Після цього визначаємо вартість втрат часу транспортних засобів на регульованому перехресті. Затримки транспортних засобів на регульованому перехресті для різних напрямків обчислюються за формулою Вебстера [13].

$$t_{\Delta Pj} = 0,9 \cdot \left[\frac{T_{\Pi} \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda \cdot x)} + \frac{x^2}{2N \cdot (1 - x)} \right], \quad (4.67)$$

де λ – відношення t_{oi} до T_{Π} ;

x – ступінь насичення напрямку руху;

N – інтенсивність руху транспортних засобів у розглянутому напрямку в приведених одиницях, авт./с.

Ступінь насичення для усіх напрямків руху визначають за формулою [13]

$$x = \frac{N_{ij} \cdot T_{\Pi}}{M_{Hij} \cdot t_{oj}}. \quad (4.68)$$

Середньозважену затримку для регульованого перехрестя $\overline{t_{\Delta p}}$ визначають так само, як і для нерегульованого перехрестя за формулою

$$\overline{t_{\Delta p}} = \frac{\sum_{j=1}^n (t_{\Delta Pj} \cdot N_j)}{\sum_{j=1}^n N_j}. \quad (4.69)$$

Результати розрахунків показників регульованого перехрестя представляють у виді підсумкової таблиці 4.15.

Показники регульованого перехрестя

Фаза	Напрямок руху	Відношення t_{oi} до T_{Σ} , λ .	Ступінь насичення напрямку руху, x .	Інтенсивність руху транспортних потоків у розглянутому напрямку в приведених одиницях N , авт./с.	Затримки ТЗ на регульованому перехресті, $t_{\Delta p j}$

Витрати часу транспортних засобів за рік на регульованому перехресті визначають за формулою [1]

$$T_p = \frac{365 \cdot (N_{\Gamma} + N_B) \cdot \bar{t}_{\Delta p}}{3600}. \quad (4.70)$$

Вартість втрат часу транспортних засобів на регульованому перехресті C_{TP}^P обчислюється так само, як і на нерегульованому перехресті за формулою (4.66).

Вартість витрат часу, що втрачається пасажирями за рік на нерегульованому $C_{ПАС}^H$ і регульованому $C_{ПАС}^P$ перехресті, визначається за формулою [1]

$$C_{ПАС} = T_p \cdot S_{\Pi} \cdot (d_a \cdot B_a \cdot \gamma_a + d_{\lambda} \cdot B_{\lambda} \cdot \gamma_{\lambda}), \quad (4.71)$$

де T_p – час втрачаємий транспортними засобами на перехресті за рік, год.;

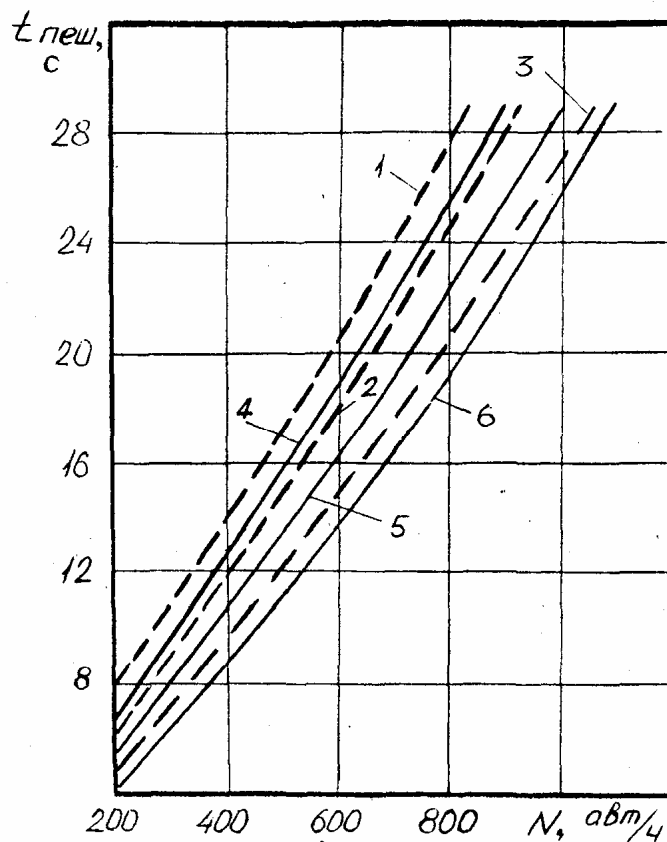
S_{Π} – середня годинна величина витрат, пов'язаних з перебуванням у шляху пасажирів і пішоходів, грн./год.;

d_a, d_{λ} – частки відповідно автобусів і легкових автомобілів у транспортному потоці, значення d_a, d_{λ} визначаються шляхом натурних обстежень;

$B_a, B_{\text{л}}$ – номінальні місткості автобусів і легкових автомобілів;

$\gamma_a, \gamma_{\text{л}}$ – середні коефіцієнти використання місткості відповідно автобусів і легкових автомобілів.

Далі розраховуються витрати, пов'язані з втратою часу пішоходами на перетинання перехрестя. Середню затримку одного пішохода, що перетинає головну і другорядну дорогу на нерегульованому перехресті, визначають по рис. 4.43 [1].



де – перетинання пішоходом трирядного потоку при співвідношенні інтенсивності транспортних потоків по смугах: (1) 1-2-1; (2) 1-1, 5-1; (3) 1-1-1;

– перетинання пішоходом дворядного потоку при співвідношенні інтенсивності транспортних потоків по смугах: (4) 1-2; (5) 1-1, 5; (6) 1-1.

Рис. 4.43 – Залежність середньої затримки пішохода від інтенсивності транспортного потоку на нерегульованому перехресті [1]

Витрати часу пішоходами за рік на нерегульованому перехресті визначаються за формулою [1]:

$$T_{niu}^H = \frac{365 \cdot (N_{niu}^{\Gamma} \cdot t_{niu}^{\Gamma H} + N_{niu}^B \cdot t_{niu}^{BH})}{3600}, \quad (4.72)$$

де N_{niu}^{Γ} , N_{niu}^B – інтенсивність пішохідного потоку, що перетинає відповідно головну і другорядну дорогу, чол./доб.;

$t_{niu}^{\Gamma H}$, t_{niu}^{BH} – середня затримка одного пішохода, що перетинає відповідно головну і другорядну дорогу на нерегульованому перехресті, с.

Вартість витрат часу, що втрачається пішоходами на нерегульованому перехресті [1]

$$C_{niu}^H = T_{niu}^H \cdot S_{\Pi}. \quad (4.73)$$

Витрати часу пішоходами за рік на регульованому перехресті визначаються за формулою [1]

$$T_{niu}^P = \frac{365 \sum_{i=1}^k [N_{niu i} (T_{\Pi} - t_{oi})^2]}{3600 \cdot 2 \cdot T_{\Pi}}, \quad (4.74)$$

де $N_{niu i}$ – інтенсивність пішохідного руху через перехрестя в i -ої фазі регулювання, чол./доб.;

t_{oi} – тривалість основного такту в i -ої фазі регулювання, с.

Вартість витрат часу, що втрачається пішоходами на регульованому перехресті, визначається так само, як і на нерегульованому за формулою (4.74).

Збиток від ДТП на перехресті оцінюється по статистичним даним про кількість ДТП на небезпечному перехресті. Маючи інформацію про кількість ДТП

за рік (табл. В. 12) із загибеллю людей K_{Π} , пораненнями людей K_P і матеріальним збитком K_M , необхідно визначити збиток від ДТП на перехресті за рік.

$$C_{\text{ДТП}} = K_{\Pi} \cdot \Pi_{\Pi} + K_P \cdot \Pi_P + K_M \cdot \Pi_M, \quad (4.75)$$

де K_{Π}, K_P, K_M – народногосподарський збиток від ДТП відповідно з загибеллю, пораненнями людей і матеріальним збитком, грн.

Якщо розглянуте перехрестя є нерегульованим, то збиток від ДТП після введення світлофорного регулювання розраховують за формулою

$$C_{\text{ДТП}}^P = C_{\text{ДТП}} \cdot k_{\Pi}, \quad (4.76)$$

де k_{Π} - коефіцієнт зниження втрат від ДТП після введення світлофорного регулювання ($k_{\Pi} = 0,36$) [1].

Якщо ж розглянуте перехрестя є регульованим, то збиток від ДТП при відсутності світлофорного регулювання складає

$$C_{\text{ДТП}}^H = \frac{C_{\text{ДТП}}}{k_{\Pi}}. \quad (4.77)$$

Для оцінки економічної доцільності введення світлофорного регулювання на перехресті визначають коефіцієнт економічної ефективності E , строк окупності T , річний економічний ефект.

Поточні витрати на нерегульованому перехресті

$$C_{\text{ТР}}^H = C_{\text{ТР}}^H + C_{\text{ПАС}}^H + C_{\text{ПШ}}^H + C_{\text{ДТП}}^H. \quad (4.78)$$

Поточні витрати на регульованому перехресті:

$$C_{TP}^P = C_{TP}^P + C_{IAC}^P + C_{III}^P + C_{ДП}^P + C_{Э}^P. \quad (4.79)$$

Коефіцієнт економічної ефективності

$$E = \frac{C_{TP}^H - C_{TP}^P}{K_{\bar{o}}}. \quad (4.80)$$

Строк окупності витрат на введення світлофорного регулювання

$$T = 1/E. \quad (4.81)$$

Нормативний строк окупності

$$T_n = 1/E_n. \quad (4.82)$$

Річний економічний ефект

$$E_{pik} = C_{TP}^H - C_{TP}^P - K_{\bar{o}} \cdot E_n. \quad (4.83)$$

Висновок про доцільність введення світлофорного регулювання повинен бути заснований на результатах розрахунків E_{pik} і зіставленні E , E_n , T , T_n . При цьому, значення E_n становить 0,12. У висновку необхідно дати коротку характеристику ухвалених рішень і результатів роботи, зробити висновки про ефективність використаних у контрольній роботі методів рішення різних завдань, ступеня досягнення поставленої мети.

Наприклад для перехрестя (див. підрозділ 4.6.) розрахуємо показники ефективності.

Витрати на виконання поточного і профілактичного ремонту визначають за формулою (4.60). Балансова вартість об'єкта, $K_6=2100$ грн., норма відрахувань на поточний ремонт і утримання, $n_p=5\%$.

$$I_p = \frac{2100 \cdot 5}{100} = 105.$$

Витрати на електроенергію визначають за формулою (4.61). Вартість 1квт./г. електроенергії; $Ц_{ен}=0,08$ грн.; коефіцієнт використання встановленої потужності; $K_m=1$; установлена потужність струмоприймача, кВт.; $P=60$ кВт.; число годин роботи устаткування протягом року, год.; $T_{pb}=365 \cdot 24=8760$ год.

$$I_{ен} = \frac{0,08 \cdot 1 \cdot (60 \cdot 11) \cdot 8760}{100} = 4625,28.$$

Витрати на амортизаційні відрахування визначають за формулою (4.62). Норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення і ремонт устаткування; $n_a=12\%$.

$$I_a = \frac{2100 \cdot 12}{100} = 252.$$

Тоді витрати на експлуатацію світлофорного об'єкта за формулою (4.59) становлять

$$C_9 = 105 + 4625,28 + 252 = 4982,28.$$

Далі для кожного другорядного напрямку дороги визначаємо середню затримку автомобіля. Оскільки другорядний напрямок руху автомобілів про-

ходить в напрямку 4–2 та 4–3, то для них за залежністю (4.63) отримаємо:

$$t_{\Delta n 4-3} = \frac{2,718^{0,1115} - 0,111 \cdot 5 - 1}{0,111 - 0,005(2,718^{0,1115} - 0,111 \cdot 5 - 1)} + \frac{40}{7,2} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{1,5} \right) = 6,81.$$

Для напрямку 4–2 перехрестя (рис. 4.40–4.41) затримка розраховується аналогічно. Результати зводимо в табл. 4.16.

Таблиця 4.16

Затримки транспортних засобів на нерегульованому перехресті

Напрямок	$t_{гр, с.}$	$N_{в, авт./с.}$	$t_{\Delta n, с.}$
4–2	7	0,022	9,03
4–3	5	0,005	6,81

Середню затримку автомобіля на нерегульованому перехресті визначають як середньозважене значення всіх напрямків другорядної дороги за формулою (4.64):

$$t_{\Delta n} = \frac{9,03 \cdot 157 + 6,81 \cdot 38}{157 + 38} = 8,59.$$

Витрати часу на нерегульованому перехресті за рік визначаємо за формулою (4.65)

$$T_H = \frac{365 \cdot 2628 \cdot 8,59}{3600} = 2289,92.$$

Витрати часу транспортних засобів на нерегульованому перехресті визначаються за формулою (4.66). Постійні витрати і-ої групи транспортних засобів, грн./год. $C_{пост}=3,2$ грн./год. – для вантажних автомобілів;

$C_{nocm}=2,5$ грн./год. – для легкових автомобілів; $C_{nocm}=3,9$ грн./год. – для автобусів. Питома вага i -ої групи транспортних засобів у потоці (визначається зі складу потоку).

$$C_{mp}^n = 2289,92 \cdot (2,5 \cdot 0,95 + 3,2 \cdot 0,04 + 3,9 \cdot 0,01) = 5820,97.$$

Затримки на перехресті визначаються для різних напрямків по формулі (4.67). Ступінь насичення напрямку руху визначається за формулою (4.68).

$$X_{1-2} = \frac{117 \cdot 30,57}{895 \cdot 12,62} = 0,32;$$

$$\lambda_i = \frac{t_{oi}}{T_y};$$

$$\lambda_1 = \frac{12,62}{30,57} = 0,41;$$

$$t_{\Delta p1-2} = 0,9 \cdot \left[\frac{30,57 \cdot (1 - 0,41)^2}{2 \cdot (1 - 0,41 \cdot 0,32)} + \frac{0,32^2}{2 \cdot 0,0325 \cdot (1 - 0,32)} \right] = 5,46.$$

Затримки транспортних засобів по іншим напрямкам руху розраховують аналогічно. Результати розрахунків зводимо в табл. 4.17.

Таблиця 4.17

Затримки транспортних засобів на регульованому перехресті

Напрямок	λ_i	X_{i-j}	N_{i-j} , авт./с.	$t_{\Delta p j}$, с.
1–2	0,412	0,316	0,0325	5,46
1–3	0,412	0,644	0,0794	6,46
4–2	0,339	0,354	0,0436	6,82
4–3	0,339	0,14	0,0106	6,3

Середня величина затримки для регульованого перехрестя визначається аналогічно нерегульованому перехрестю (4.69):

$$t_{\Delta p} = \frac{5,46 \cdot 117 + 6,46 \cdot 286 + 6,82 \cdot 157 + 6,3 \cdot 38}{117 + 286 + 157 + 38} = 6,35.$$

Втрати часу транспортними засобами на регульованому перехресті визначають за формулою (4.70):

$$T_p = \frac{365 \cdot (5431 + 2628) \cdot 6,35}{3600} = 5188,54.$$

Вартість втрат часу транспортними засобами на регульованому перехресті розраховується аналогічно нерегульованому перехрестю (4.66):

$$C_{mp}^p = 5188,54 \cdot (2,5 \cdot 0,95 + 3,2 \cdot 0,04 + 3,9 \cdot 0,01) = 13189,27.$$

Вартість втрат часу, що витрачається пасажирями за рік на нерегульованому і нерегульованому перехресті (4.71). Середня годинна величина витрат, пов'язаних з перебуванням в транспорті пасажирів і пішоходів, грн./год.; $S_n=0,2$ грн./год.; номінальна місткість автобусів і легкових автомобілів, $B_a=90$ чол., $B_{\text{л}}=5$ чол.; коефіцієнт використання місткості. $\gamma_a=0,9$, $\gamma_{\text{л}}=0,4$.

$$C_{nacc}^n = 2289,92 \cdot 0,2 \cdot (0,01 \cdot 90 \cdot 0,4 + 0,95 \cdot 5 \cdot 0,9) = 3606,62;$$

$$C_{nacc}^p = 5188,54 \cdot 0,2 \cdot (0,01 \cdot 90 \cdot 0,4 + 0,95 \cdot 5 \cdot 0,9) = 8171,95.$$

Втрати часу пішоходами за рік на нерегульованому перехресті визначають за формулою (4.72). Інтенсивність пішохідного руху, що перетинає головну і другорядну дороги, чол./доб. $N^e_{neu} = 2520$ чол./доб., $N^s_{neu} = 1078$ чол./доб.;

середня затримка одного пішохода, що перетинає головну і другорядну дороги на нерегульованому перехресті, становить: $t_{neu}^{2H} = 32$ с., $t_{neu}^{6H} = 26$ с.

$$T_{neu}^H = \frac{365 \cdot (2520 \cdot 32 + 1078 \cdot 26)}{3600} = 11017,73.$$

Втрати часу пішоходами за рік на регульованому перехресті визначаються аналогічно нерегульованому (4.72).

$$T_{neu}^P = \frac{365 \cdot (2520 \cdot (30,57 - 10,38)^2 + 1078 \cdot (30,57 - 12,62)^2)}{3600 \cdot 2 \cdot 30,57} = 2279,47.$$

Вартість втрат часу, що витрачається пішоходами на нерегульованому і регульованому перехресті (4.73 – 4.74) складає:

$$C_{neu}^H = 11017,73 \cdot 0,2 = 2203,55;$$

$$C_{neu}^P = 2279,47 \cdot 0,2 = 455,89.$$

Збитки від ДТП на перехресті оцінюють за статистичними даними про кількість ДТП на небезпечному перехресті за рік. Маючи інформацію про кількість ДТП за рік з загибеллю людей $K_H = 1$, пораненнями людей $K_P = 5$, та матеріальним збитком $K_M = 6$, необхідно визначити збитки від ДТП на перехресті за рік. Народногосподарський збиток від ДТП із загибеллю пораненням людей і матеріальним збитком, грн. $C_H = 27500$ грн., $C_P = 2600$ грн., $C_M = 340$ грн.

$$C_{dmn} = 1 \cdot 27500 + 5 \cdot 2600 + 340 \cdot 340 = 42540.$$

Збиток від ДТП після введення світлофорного регулювання складає (4.76). Коефіцієнт зниження втрат після введення світлофорного регулювання приймають $\kappa_n = 0,36$.

$$C_{\text{дтп}}^p = 42540 \cdot 0,36 = 15314,4.$$

Збиток від ДТП при відсутності світлофорного регулювання (4.77):

$$C_{\text{дтп}}^n = \frac{42540}{0,36} = 118166,7.$$

Поточні витрати на нерегульованому перехресті (4.78):

$$C_{\text{тр}}^n = 5820,97 + 3606,62 + 2203,55 + 118166,7 = 129797,8.$$

Поточні витрати на регульованому перехресті (4.79):

$$C_{\text{тр}}^p = 13189,27 + 8171,92 + 455,89 + 15314,40 + 4982,28 = 42113,8.$$

Коефіцієнт економічної ефективності (4.80):

$$E = \frac{129797,8 - 42113,8}{2100} = 41,75.$$

З розрахунку видно, що коефіцієнт економічної ефективності, розрахований за формулою (4.80) значно перевищує нормативний $E_n = 0,12$.

Строк окупності витрат на введення світлофорного регулювання (4.81):

$$T = \frac{1}{41,75} = 0,02.$$

Нормативний строк окупності (4.82):

$$T_n = \frac{1}{0,12} = 8,33.$$

Річний економічний ефект (4.83):

$$E_{рік} = 129797,80 - 42113,80 - 2100 \cdot 0,12 = 87432.$$

З вищенаведених розрахунків видно, що існує необхідність в організації руху на перехресті за допомогою світлофорного регулювання. Це підтверджується порівнянням строків окупності $T_n > T$ ($8,33 > 0,02$), коефіцієнтів економічної ефективності $E_n < E$ ($0,12 < 41,75$). Окрім того, річний економічний ефект склав $E_{рік} = 87432$ грн.

Питання для самоперевірки й контролю знань

1. Що розуміється під затримкою руху?
2. Які існують витрати транспортних потоків?
3. Як визначається строк окупності впровадження світлофорного регулювання?
4. З чого складаються поточні витрати на перехресті?
5. Як оцінити збитки від ДТП?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аксенов В. А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения / В. А. Аксенов, Е. П. Попова, О. А. Дивочкин. – М. : Транспорт, 1987. – 128 с.
2. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник для вузов – изд. 2-е, перераб. и доп. Ч. 1: / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – М.: Транспорт, 1987. – 368 с.
3. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник для вузов – изд. 2-е, перераб. и доп. Ч. 2: / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – М.: Транспорт, 1987. – 415 с.
4. Брайловский Н. О. Управление движением транспортных средств / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. – М. : Транспорт, 1975. –112 с.
5. Булавіна Л.В. Розрахунок пропускної здатності магістралей і вузлів / Л. В. Булавіна. – Єкатеренбург : ДНЗ ВПО УДТУ, 2009. – 44 с.
6. Врубель Ю. А. Организация дорожного движения в двух частях / Ю.А. Врубель. – Мн. : Белорусский фонд организации дорожного движения, 1996. – 328 с.
7. Гаврилов Э. В. Системное проектирование автомобильных дорог / Э.В. Гаврилов, А. М. Гридчин, В. Н. Ряпухин. – Москва – Белгород : АСВ, 1998. – 138 с.
8. Галушко В. Г. Вероятностно–статистические методы на автотранспорте / В. Г. Галушко. – К. : Вища школа, 1976. – 232 с.
9. Доля В. К. К применению открытых систем в управлении транспортными потоками / В. К. Доля, И. П. Кардаш // Коммунальное хозяйство городов : науч.–техн. сб. Техника. – К., 2002.– № 36. – С. 443–445.
10. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 423 с.
11. Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – М. : Транспорт, 1992. – 207 с.
12. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения / В. И. Коноплянко – М. : Транспорт, 1991. – 183 с.

13. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения / Ю. А. Кременец. – М. : Транспорт, 1990. – 255 с.
14. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
15. Лобашов А. О. О прогнозировании скорости транспортных потоков на городских улицах / А. О. Лобашов. // Вестник ХГАДТУ. – Харьков : ХГАДТУ, 1999, С. 91–93.
16. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений / А. К. Митропольский. – М. : Наука, 1971. – 576 с.
17. Поліщук В. П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху : навч. посібник / В. П. Поліщук, Н. Т. Кунда. – К.: ІЗМН, 1998. – 132 с.
18. Полозенко П.М. Комплексна оцінка режимів світлофорного регулювання на перехрестях: дис.... канд. техн. наук / П. М. Полозенко. – К., 1999. – 136 с.
19. Романов А. Г. Дорожные условия в городах: закономерности и тенденции / А. Г. Романов – М. : Транспорт, 1984. – 80 с.
20. Рэнкин В. У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
21. Рекомендации по проектированию улиц и дорог городских и сельских поселений / ЦНИИПГрадостроительства. – М. : 1994. – 88 с.
22. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов – М. : Транспорт, 1973. – 303 с.
23. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін. ; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн. / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4)
24. Хомяк Я. В. Организация дорожного движения / Хомяк Я. В. – К. : Вища школа, 1986. – 271 с.
25. Шештокас В. В., Самойлов Д. С. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах / В. В. Шештокас, Д. С. Самолов. – М. : Транспорт, 1987. – 207 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Аналіз аварійності 86	Коефіцієнт безпеки 79
Аналіз конфліктності транспортних потоків 98	Критичний радіус до заносу 77
	Критична швидкість до перекидання 78
Вибірка 34	Методи натурних обстежень 5
Відносна точність обліку 36	Метод коефіцієнтів безпеки 73
Відносна аварійність конфліктних точок 216	Метод коефіцієнтів аварійності 80
Вулично-дорожня мережа 5	Нерівномірність інтенсивності руху 19
Гальмівний шлях 51	Потік насичення 161
Граничний інтервал 115	Поперечна стійкість автомобіля 68
Графік коефіцієнтів аварійності 85	Пофазний роз'їзд 154
Дорожньо-транспортна пригода 86	Пропускна здатність перехрестя 112
Динамічний габарит 38	Пропускна здатність багатосмугової проїзної частини 16, 149
Ефективність організації дорожнього руху 181	Рівень завантаження 27, 44, 140
Затримки руху 185, 187	Світлофорне регулювання 154
Інтенсивність руху 10	Склад транспортного потоку 26
Інтенсивність руху у приведених одиницях 31	Стійкість автомобіля 68, 76
	Сповільнення автомобіля 59
	Ступінь насичення напрямку рухом 161
Картограма інтенсивності 12, 151, 167	Фаза регулювання 154
Класифікація транспортних засобів 61	Фазові коефіцієнти 176
Конфліктність транспортних потоків 98	Цикл регулювання 172
Коефіцієнт зчеплення 60	Швидкість руху 22
Коефіцієнт багатосмуговості 28	Щільність транспортного потоку 21, 30
Коефіцієнт ефективності гальмування 61	Час реакції водія 55
Коефіцієнт аварійності 95	

Додаток А

Таблиця А.1

Інтенсивність руху на ділянках мережі (в прямому напрямку)

Дуга	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1–5	600	700	800	750	1300	1200	1300	900	1100	1000
2–6	1900	2000	1600	2100	1700	1000	1500	1600	700	800
3–7	500	400	250	200	100	440	450	380	300	160
5–9	1000	200	700	1000	1100	1400	1300	1000	1100	1200
6–10	850	1400	1500	1600	1300	1600	1400	1300	1200	990
7–11	400	100	80	90	110	120	90	180	320	800
4–5	1800	1500	1900	900	600	700	1800	1600	1720	1800
5–6	800	1100	1400	1100	900	890	1600	900	1600	700
6–7	500	1600	800	900	300	500	700	600	600	800
7–8	1900	1700	1800	2000	1500	1800	1500	1800	1200	1600

Примітка: Варіант визначають за останньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця А.2

Характеристика транспортної мережі

Показник		Номер варіанта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Довжина ділянок мережі, км.	1–5	1,2	1,9	2,0	1,4	1,0	2,1	2,4	2,1	1,5	1,4
	2–6	1,7	0,9	2,8	1,3	1,0	1,0	2,0	1,7	1,1	1,5
	3–7	2,1	2,3	1,1	0,8	1,2	1,7	1,8	1,5	1,8	1,7
	5–9	1,5	2,8	1,5	1,1	1,7	1,3	1,1	1,4	2,0	2,2
	6–10	1,8	1,4	1,3	2,0	1,3	2,1	1,5	1,2	2,5	2,9
	7–11	2,3	1,1	1,7	0,8	2,2	1,8	1,6	1,3	2,1	2,1
	4–5	1,3	1,5	1,8	2,1	3,0	1,6	1,7	2,3	2,3	1,3
	5–6	1,7	1,7	2,1	2,0	1,1	1,5	1,9	1,0	1,7	0,9
	6–7	1,7	1,5	2,5	1,3	2,1	1,2	2,0	0,9	1,2	0,8
	7–8	1,9	2,1	1,1	1,4	0,9	2,3	2,3	2,5	1,0	1,9
2. Кількість смуг руху на ділянках мережі, од.	1–5	4	6	4	6	4	6	4	4	6	6
	2–6	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4
	3–7	4	2	4	4	4	2	2	4	2	2
	5–9	6	4	2	4	4	2	4	4	2	4
	6–10	4	4	4	4	4	6	4	4	4	4
	7–11	6	6	6	4	6	4	4	6	4	6
	4–5	4	4	2	2	2	4	2	2	4	4
	5–6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	6–7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	7–8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Таблиця А.3

Значення швидкості транспортного потоку

Номер варіанту	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Швидкість, км./год.	24	25	24	24	25	25	24	25	24	25

Примітка. Варіант визначають за передостанньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця А.4

Матриця кореспонденцій транспортних засобів, авт./год.

Початковий пункт	Кінцевий пункт											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	–	56	32	89	36	37	12	53	106	37	63	79
1	5	–	36	39	45	11	21	18	62	53	68	85
2	12	61	–	37	8	44	0	36	16	63	55	136
3	2	9	6	–	14	7	2	5	13	4	64	84
4	1	32	4	7	–	3	0	8	9	5	31	19
5	6	0	4	8	5	–	6	0	30	9	37	50
6	4	62	57	47	9	40	–	22	15	46	13	35
7	12	74	54	9	30	22	5	–	–	46	51	152
8	6	62	51	47	12	33	11	55	–	56	63	106
9	4	45	63	33	8	21	44	83	39	–	89	88
10	14	67	79	95	30	23	110	113	3	79	–	15
11	7	83	131	69	19	87	165	79	45	3	23	–

Таблиця А.5

Склад транспортних потоків, %

Найменування транспортних засобів	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Легкові автомобілі	45	30	27	51	43	38	62	49	40	55
2. Вантажні автомобілі ($g_n < 4$ т.)	15	20	18	25	30	20	10	15	22	10
3. Вантажні автомобілі ($g_n = 4-8$ т.)	15	20	19	10	6	18	7	10	15	15
4. Вантажні автомобілі ($g_n > 8$ т.)	10	14	15	4	10	11	7	7	11	13
5. Автобуси	5	3	7	4	5	4	3	8	4	3
6. Тролейбуси	4	5	4	4	2	3	5	5	5	2
7. Автопоїзди ($g_n < 12$ т.)	6	8	10	2	4	5	6	6	3	2

Таблиця А.6

Значення швидкості транспортного потоку за матеріалами обстежень

Номер варіанту		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Швидкість, км./год.	Замір №1	28	23	26	44	26	29	27	29	25	28
	Замір №2	29	24	25	43	25	27	25	24	29	28
	Замір №3	27	25	23	45	23	27	29	27	26	29
	Замір №4	27	25	23	41	24	27	29	28	22	29
	Замір №5	28	25	24	41	24	25	25	27	23	29
	Замір №6	28	24	25	43	24	28	27	29	24	29
	Замір №7	29	23	24	41	24	28	24	29	25	28
	Замір №8	26	26	24	43	25	28	28	29	24	28
	Замір №9	28	24	23	42	25	27	27	29	27	27
	Замір №10	29	24	25	40	24	28	28	27	22	27
	Замір №11	28	26	24	43	24	25	27	28	25	27
	Замір №12	28	25	25	42	26	24	29	28	23	24

Примітка. Варіант визначають за останньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця А.7

Задана імовірність й точність обліку

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Довірча імовірність	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9	0,95	0,8
Відносна точність обліку	0,050	0,050	0,050	0,010	0,015	0,015	0,020	0,010	0,1	0,015

Примітка. Варіант визначають за останньою цифрою номера залікової книжки.

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Вхідні дані для розрахунку гальмівних властивостей автомобілів

Варіант	Автомобіль	Швидкість перед гальмуванням, км./год.	Покриття дороги	Час реакції водія, t ₁ , с.	Час спрацювання гальм. приводу t ₂ , с.	Час зростання сповільнення на сухій дорозі без вантажу, t ₃ , с.	Кут ухилу дороги, α, град.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ВАЗ–2101	30,60,90,120	А/Б	0,4	0,15	0,15	С–2 П–3
2	ВАЗ–21011	40,50,80,110	Ц/Б	0,5	0,17	0,15	С–3 П–4
3	ВАЗ–2106	60,70,90,120	Щ	0,6	0,18	0,15	С–3 П–2
4	РАФ–2203	40,60,80,120	Гр	0,7	0,25	0,25	С–5 П–2
5	ПАЗ–672	30,50,60,80	А/Б	0,8	0,25	0,60	С–4 П–5
6	ЛіАЗ–677Б	40,50,60,70	Ц/Б	0,9	0,4	0,75	С–2 П–4
7	ГАЗ–2401	40,60,80,130	Щ	1,0	0,21	0,15	С–6 П–2
8	Москвич–412	30,60,90,120	А/Б	0,45	0,24	0,15	С–5 П–5
9	УАЗ–469	30,50,70,90	Ц/Б	0,55	0,21	0,15	С–3 П–6
10	ЛіАЗ–677	30,40,50,70	Щ	0,65	0,50	0,70	С–5 П–4
11	Москвич–408	30,60,90,120	Гр	0,75	0,19	0,15	С–2 П–5
12	ГАЗ–53А	30,50,80,90	А/Б	0,85	0,20	0,30	С–3 П–1
13	ЗІЛ–130	40,60,80,90	Ц/Б	0,9	0,70	0,50	С–1 П–4
14	КамАЗ–53202	30,50,70,90	Щ	0,4	0,80	0,75	С–4 П–5
15	МАЗ–500А	30,40,50,60	Гр	0,5	0,65	0,60	С–3 П–2

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
16	КамАЗ–53202	30,40,50,60	А/Б	0,6	0,71	0,55	С–4 П–1
17	УАЗ–469	30,50,70,90	Ц/Б	0,7	0,19	0,15	С–2 П–3
18	ЛАЗ–677П	40,50,60,70	Щ	0,8	0,60	0,70	С–5 П–5
19	УАЗ–452	30,50,70,90	Гр	0,9	0,18	0,25	С–3 П–3
20	ЗАЗ–968А	30,50,70,100	Гр	1,1	0,20	0,15	С–4 П–4
21	ГАЗ–24	30,60,90,120	А/Б	1,2	0,19	0,15	С–5 П–5
22	ЗІЛ–114	40,80,120, 160	Ц/Б	0,4	0,15	0,15	С–3 П–4
23	УАЗ–469Б	30,50,70,90	Щ	0,5	0,22	0,22	С–5 П–1
24	ЛАЗ 697Н	30,50,70,85	Гр	0,6	0,55	0,55	С–6 П–6
25	ЛАЗ–695Н	30,40,50,60	А/Б	0,7	0,70	0,70	С–2 П–4
26	КрАЗ–257	30,40,50,60	Ц/Б	0,8	0,80	0,80	С–2 П–3
27	МАЗ–516Б	30,40,50,60	Щ	0,9	0,75	0,75	С–6 П–6
28	ЗІЛ–130Г	30,50,70,90	Гр	1,0	0,65	0,65	С–5 П–2
29	ЗІЛ–133Г1	30,40,60,80	А/Б	1,1	0,55	0,55	С–4 П–4
30	Урал–377	30,40,50,75	Ц/Б	1,2	0,45	0,45	С–1 П–3
31	МАЗ–516Б	40,50,55,70	А/Б	0,8	0,79	0,75	С–6 П–6
32	ЗІЛ–130Г	30,50,70,90	Гр	1,0	0,65	0,65	С–5 П–2
33	ЗІЛ–133Г1	30,40,60,80	А/Б	1,1	0,55	0,55	С–4 П–4
34	Урал–377	30,45,50,75	Ц/Б	1,2	0,45	0,45	С–1 П–3
35	Москвич–408	30,50,70,100	Гр	0,6	0,18	0,15	С–2 П–5
36	КамАЗ–53202	35,55,75,90	Гр	0,5	0,70	0,15	С–3 П–1

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
37	УАЗ–469	30,50,80,100	А/Б	0,6	0,80	0,22	С–1 П–4
38	ЛіАЗ–677П	40,50,60,90	Гр	0,7	0,75	0,55	С–2 П–4

Примітка: А/Б – асфальтобетон, Ц/Б – цементобетон, Щ – щебінь, Гр – ґрунт, С – спуск, П – підйом. Варіант визначають за номером у списку групи.

Таблиця Б.2

Характеристики дороги і швидкість руху автомобіля

Показник	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Радіус повороту, м.	400	500	210	260	250	325	180	220	290	350
Тип покриття	сухий асфальт	сухий ґрунт	мокрый асфальт	щебінь	сухий бетон	мокрый ґрунт	мокрый ґрунт	сухий асфальт	сухий бетон	сухий асфальт
Поперечний ухил	0,03	0,05	0,02	0,028	0,03	0,02	0,025	0,03	0,05	0,05
Швидкість руху автомобіля, км./год.	30	35	20	25	20	30	35	30	25	20
	40	40	40	40	45	50	60	35	55	50
	60	60	70	60	75	75	75	55	70	80

Примітка. Варіант вибирають за передостанньою цифрою залікової книжки.

Таблиця Б.3

Технічні характеристики автомобіля

Показник	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Колія автомобіля, м.	1,6	1,7	1,4	1,5	1,3	1,7	1,65	1,7	1,6	1,65
Зміщення центру ваги, м.	0,32	0,34	0,578	0,3	0,3	0,26	0,33	0,26	0,32	0,33
Висота центру ваги, м.	0,89	0,94	0,78	0,83	0,72	0,94	0,917	0,94	0,89	0,917

Примітка. Варіант вибирають за останньою цифрою номера залікової книжки

ДОДАТОК В

Таблиця В.1

Характеристика перегонів

Показник	Перегін	Номер варіанта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Довжина перегону, км.	1	1,55	1,25	1,62	2,34	1,15	1,87	2,78	1,36	2,55	1,35
	2	0,13	0,11	0,10	0,13	0,17	0,14	0,08	0,13	0,10	0,12
	3	2,25	2,50	2,81	2,92	2,85	2,95	2,65	3,00	3,05	2,45
	4	0,19	0,28	0,38	0,32	0,30	0,26	0,25	0,23	0,20	0,23
	5	2,80	2,70	2,95	2,45	2,55	2,36	2,47	2,05	2,11	2,36
	6	0,20	0,24	0,20	0,16	0,15	0,20	0,17	0,18	0,22	0,26
2. Поздовжній ухил на перегоні, %	1 спуск	3,2	1,5	3,5	2,5	3,2	0	1,5	1,6	4,5	1,3
	2 спуск	1,2	1,3	1,5	1,6	2,5	2,8	1,7	3,1	1,5	1,9
	3 підйом	3,6	2,5	3,5	4,3	4,2	1,8	1,5	3,4	0	0,5
	4 підйом	0	0,5	1,1	0	1,0	0,8	0,4	0,8	1,2	1,6
	5 підйом	2,1	0,2	0	2,3	3,5	2,1	1,3	1,5	1,8	2,3
	6 спуск	0,8	0,4	1,2	1,3	1,4	1,5	0,2	1,6	1,7	0,5
3. Покриття		А/Б	Ц/Б	щебінь	А/Б	Ц/Б	А/Б	щебінь	А/Б	Ц/Б	щебінь

Примітка. Варіант вибирають за передостанньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця В.2

Характеристика поворотів

Показник	Перегін	Номер варіанта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Радіус кривої, м	2	80	70	65	80	110	90	54	82	62	75
	4	59	90	120	103	95	83	80	73	65	73
	6	130	150	125	100	95	128	106	114	139	168
2. Поперечний ухил на перегоні, %	2	2,5	1,5	0	0,6	0,8	1,1	1,1	1,0	1,2	2,5
	4	1,5	2,0	1,3	0	1,8	0	1,9	2,5	2,1	0
	6	0,6	2,4	2,7	1,6	1,5	1,3	0	1,0	0,5	1,2

Примітка. Варіант вибирають за останньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця В.3

Параметри руху автомобілів

Показник	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Початкова швидкість, км./год.	24	31	32	34	19	20	34	25	21	30
2. Прискорення, м./с. ²	0,8	0,7	0,4	0,51	0,9	0,5	0,7	0,48	0,5	0,6
3. Марка автомобіля	ВАЗ 2106	М 412	ВАЗ 2109	ГАЗ 2410	ВАЗ 2104	ЗАЗ 968	ВАЗ 2105	ГАЗ 2410	ВАЗ 2106	ВАЗ 2101

Примітка. Варіант вибирають за останньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця В.4

Характеристика перегонів

Показник	Ділянка	Номер варіанта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Довжина перегону, м.	1	500	400	600	700	500	350	640	580	420	310
	2	300	500	350	450	240	660	680	900	560	470
	3	200	300	240	420	180	360	500	420	280	250
	4	900	1000	1150	850	740	600	1200	600	950	870
2. Поздовжній ухил на перегоні, ‰	1	40	50	60	45	35	60	45	30	70	55
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	90	80	75	65	80	100	60	80	85	65
	4	30	5	25	15	23	14	18	22	24	25
3. Ширина проїзної частини, м.		7	7,5	10,5	7	10,5	14	7	7,5	10,5	14
4. Ширина узбіччя, м		0,5	1,5	2	1,5	1,5	3	1,5	0,5	2	2
5. Ширина моста, м.		6	7	7	6,5	6,5	11	6,5	7	6,5	12
6. Кількість смуг руху, од.		2	2	3	2	3	4 без розд. смуги	2	2	3	4 із розд. смугою
7. Характеристика покриття		Чисте сухе	Слизьке	Шорсткувате	Чисте сухе	Чисте сухе	Шорсткувате	Слизьке	Шорсткувате	Чисте сухе	Слизьке

Примітка. Варіант вибирають за останньою цифрою номера залікової книжки

Таблиця В.5

Характеристика небезпечних ділянок

Показник	Ділянка	Номер варіанта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Радіус кривої, м.	R1	120	150	160	140	200	170	120	135	145	180
	R2	260	300	350	275	320	500	485	400	350	220
	R3	600	700	800	560	490	680	710	730	740	850
2. Видимість, м.	B1	55	45	15	50	35	25	26	24	28	64
	B2	150	250	180	170	160	210	120	180	90	164
	B3	240	280	350	240	180	215	245	275	265	295
3. Відстань від за- будови до проїзної частини, м.		25	35	45	40	35	30	42	30	45	25

Примітка. Варіант вибирають за передостанньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця В.6

Параметри руху автомобілів

Показник	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Інтенсивність руху автомобілів, авт./доб.	6000	3800	7800	9400	5840	6120	7400	3600	8100	7100
2. Інтенсивність руху автомобілів на перетинаємій дорозі, авт./доб.	1050	1700	900	2550	2360	1350	1480	1720	1640	1120

Примітка. Варіант вибирають за останньою цифрою номера залікової книжки.

Таблиця В.7

Дані про дуги транспортної мережі

Позначення дуги	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1–2	0,5	0,7	0,9	1,2	0,8	1,1	1,3	0,6	1,0	0,8
2–3	1,6	1,9	2,2	0,8	1,7	2,6	0,7	2,1	1,4	0,9
2–4	1,9	2,2	1,4	2,3	1,1	0,6	2,0	1,5	1,8	1,7

Продовження табл. В.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3–4	0,6	0,8	0,6	1,6	0,5	1,3	1,1	1,2	1,7	0,4
3–5	2,1	1,7	0,7	2,3	1,2	1,9	0,8	1,8	1,1	2,2
3–8	2,7	1,9	2,5	1,3	2,6	3,2	3,5	2,4	1,6	2,4
4–5	1,5	1,2	1,9	0,6	0,4	2,3	2,2	0,7	0,6	1,6
4–6	2,3	3,2	1,4	3,4	1,9	1,2	2,7	2,6	3,1	2,5
5–6	1,7	1,5	1,2	1,6	0,9	1,8	0,6	0,7	2,1	2,3
5–7	1,4	1,7	2,1	0,6	2,4	0,8	1,8	1,6	0,9	0,7
6–7	1,2	2,2	2,4	2,1	1,8	1,2	1,7	1,4	1,6	2,0
7–8	1,7	1,9	2,0	2,4	2,6	1,8	0,9	2,1	2,3	0,8
7–9	0,8	1,1	1,0	0,6	0,7	1,2	1,6	1,3	1,4	0,9
8–9	3,2	3,1	3,4	3,6	4,0	3,5	2,9	3,8	4,2	2,6

Таблиця В.8

Кількість ДТП за рік на перехрестях мережі

Позначення перехрестя	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	5	7	4	2	3	0	3	2	0	6
3	6	7	5	8	10	7	11	5	7	13
4	9	4	9	5	6	12	7	9	12	6
5	4	5	3	2	3	4	1	4	5	3
6	15	9	10	15	8	16	14	12	10	8
7	4	6	5	7	4	6	3	4	2	5
8	12	14	15	11	13	12	10	12	13	14

Таблиця В.9

Інтенсивність руху на дугах транспортної мережі, 10^2 од./доб.

Позначення дуги	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1–2	70*	55	80	50	45	55	65	70	100	85
	70	100	50	60	85	55	60	85	60	100
2–3	55	20	80	80	45	60	65	60	90	65
	70	65	90	60	65	70	75	60	60	70
2–4	80	70	90	50	65	90	75	70	50	80
	55	40	50	80	85	80	60	85	40	90

Продовження табл. В.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3–4	60	40	50	45	50	25	60	20	30	45
	40	55	60	25	45	30	65	25	20	50
3–5	50	30	20	25	30	20	45	25	40	15
	65	50	30	15	40	30	50	20	30	20
3–8	30	30	70	30	15	30	20	15	25	35
	50	40	60	40	30	25	20	15	15	30
4–5	50	50	55	55	80	50	45	70	20	60
	40	40	40	60	70	60	50	65	30	70
4–6	60	25	35	50	15	45	30	30	55	35
	35	20	20	55	40	30	15	55	25	40
5–6	65	90	50	60	55	15	15	25	65	55
	45	65	45	50	40	25	15	20	60	70
5–7	45	45	55	55	40	20	30	40	30	20
	70	80	55	60	55	30	40	15	35	20
6–7	75	80	30	40	35	50	70	25	55	35
	30	80	50	35	45	45	55	45	20	55
7–8	50	60	35	45	20	35	15	25	35	15
	40	50	60	35	25	40	35	20	40	10
7–9	50	25	30	40	25	30	40	20	55	10
	60	40	25	50	45	30	15	20	20	35
8–9	35	20	35	25	5	30	15	25	30	25
	45	20	50	25	25	30	35	20	25	15

Примітка*: в чисельнику інтенсивність у прямому напрямку в знаменнику в зворотному.

Таблиця В.10

Кількість ДТП за рік на дугах транспортної мережі, од.

Позначення дуги	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1–2	3	2	1	2	0	3	2	0	1	0
2–3	4	3	3	4	3	2	4	6	5	5
2–4	2	5	6	2	5	4	1	2	1	3
3–4	2	3	6	1	3	2	4	1	2	1
3–5	3	4	0	4	0	3	4	3	6	5
3–8	5	6	4	7	4	8	5	6	7	6

Продовження табл. В.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4–5	2	3	4	5	1	3	4	3	2	3
4–6	7	3	5	4	8	6	7	6	5	7
5–6	1	1	2	0	2	1	3	0	4	1
5–7	2	0	1	2	3	2	0	4	1	2
6–7	8	10	7	10	9	9	6	7	11	8
7–8	5	6	7	9	8	4	10	9	5	8
7–9	1	0	5	4	5	0	6	4	0	3
8–9	2	4	4	3	2	3	4	3	5	2

Таблиця В.11

Середня технічна швидкість транспортних засобів на дугах транспортної мережі, км./год.

Позначення дуги	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1–2	25	24	26	27	23	29	30	24	25	26
2–3	32	30	31	24	25	26	27	33	24	25
2–4	24	26	27	29	28	32	26	26	32	30
3–4	28	30	32	34	36	27	29	26	25	32
3–5	28	36	42	40	38	44	35	34	37	27
3–8	31	26	36	28	34	36	30	42	44	38
4–5	42	45	40	37	43	40	36	32	36	44
4–6	35	32	37	43	35	34	43	40	44	34
5–6	32	28	29	34	30	37	36	35	30	27
5–7	36	34	38	37	39	25	27	29	37	38
6–7	28	33	35	32	35	29	34	25	42	40
7–8	36	42	40	38	36	37	30	33	35	32
7–9	29	32	36	34	38	35	33	40	37	42
8–9	23	24	26	28	27	25	24	22	25	27

Таблиця В.12

Розподіл ДТП на аварійно-небезпечному перехресті

Кількість ДТП	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
З матеріальним збитком	15	14	16	17	13	19	12	14	15	16
З пораненими	3	3	1	4	5	6	2	3	4	5
З загиблими	2	0	1	3	1	2	1	3	2	0

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

Інтенсивність пішохідних потоків на перехресті, піш./год.

Пішохідний потік	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N _{П1}	720	1070	630	700	630	1100	700	780	750	650
N _{П2}	850	700	920	1270	1200	650	680	650	650	600
N _{П3}	650	830	1150	600	840	820	250	530	650	650
N _{П4}	770	600	700	900	600	690	750	900	540	1240

Примітка: варіант визначається по останній цифрі номеру залікової книжки.

Таблиця Г.2

Інтенсивність транспортних потоків на перехресті, авт./год.

Транспортний потік	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₁	720	600	650	700	800	510	480	750	550	620
N ₂	770	640	580	670	600	590	480	720	800	680
N ₃	550	440	750	800	640	730	750	500	600	650
N ₄	830	800	780	900	710	850	840	640	560	530
N ₅	80	140	70	100	70	150	50	130	90	70
N ₆	60	80	40	160	40	90	100	80	70	150
N ₇	150	100	130	40	140	60	130	90	110	60
N ₈	70	80	100	70	90	80	90	60	140	80
N ₉	50	70	90	60	100	110	100	90	60	60
N ₁₀	70	90	60	90	100	80	80	70	90	90
N ₁₁	90	100	100	80	70	90	90	90	100	80
N ₁₂	80	110	110	100	80	60	100	100	80	110

Примітка: варіант визначається по передостанній цифрі номеру залікової книжки

Таблиця Г.3

Характеристика обсягів вантажного руху

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Питома вага вантажних автомобілів у потоці, %	15	10	35	25	30	20	35	15	35	20

Примітка: варіант визначається по передостанній цифрі номеру залікової книжки

Відносна аварійність конфліктних точок на регульованих перехрестях [14]

Взаємодія потоків:	Схема руху	Значення K_i , ДТП/10 ⁶ авт.
1. Розділення потоків без перешкод із інших смуг руху		0,000100
2. Розділення лівого поворотного потоку при наявності перешкод із інших смуг руху		0,000102
3. Перетинання лівого поворотного потоку з потоком прямого напрямку		0,000048
4. Перетинання автомобільних потоків із трамвайним рухом		0,000207
5. Злиття на одній смузі транспортних потоків		0,000968

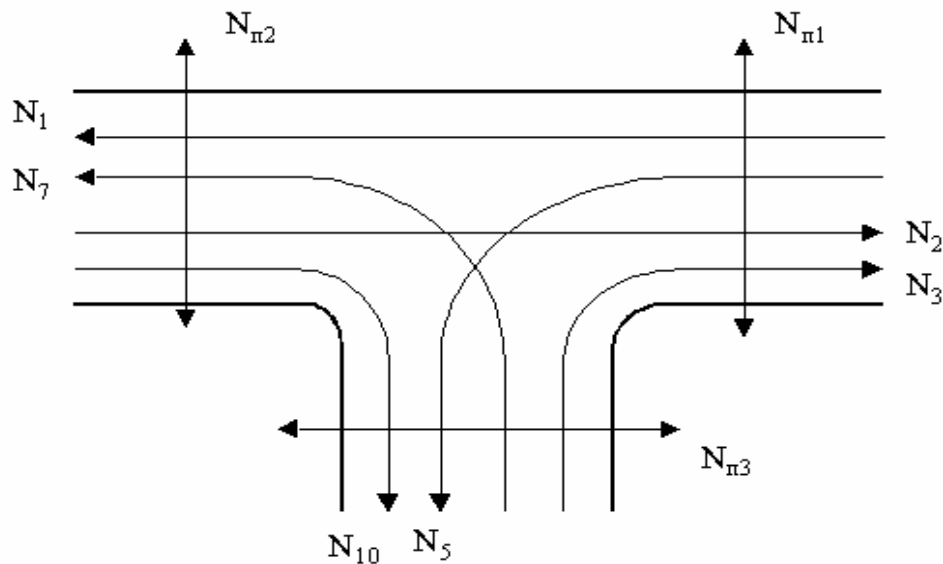


Рис. Г.1 – Варіант 1 схеми перехрестя

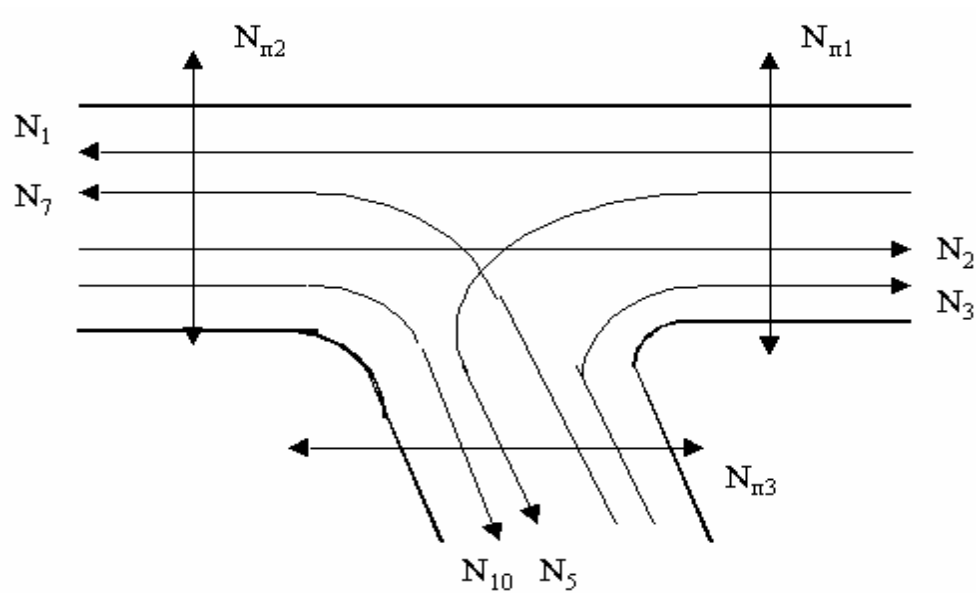


Рис. Г.2 – Варіант 2 схеми перехрестя

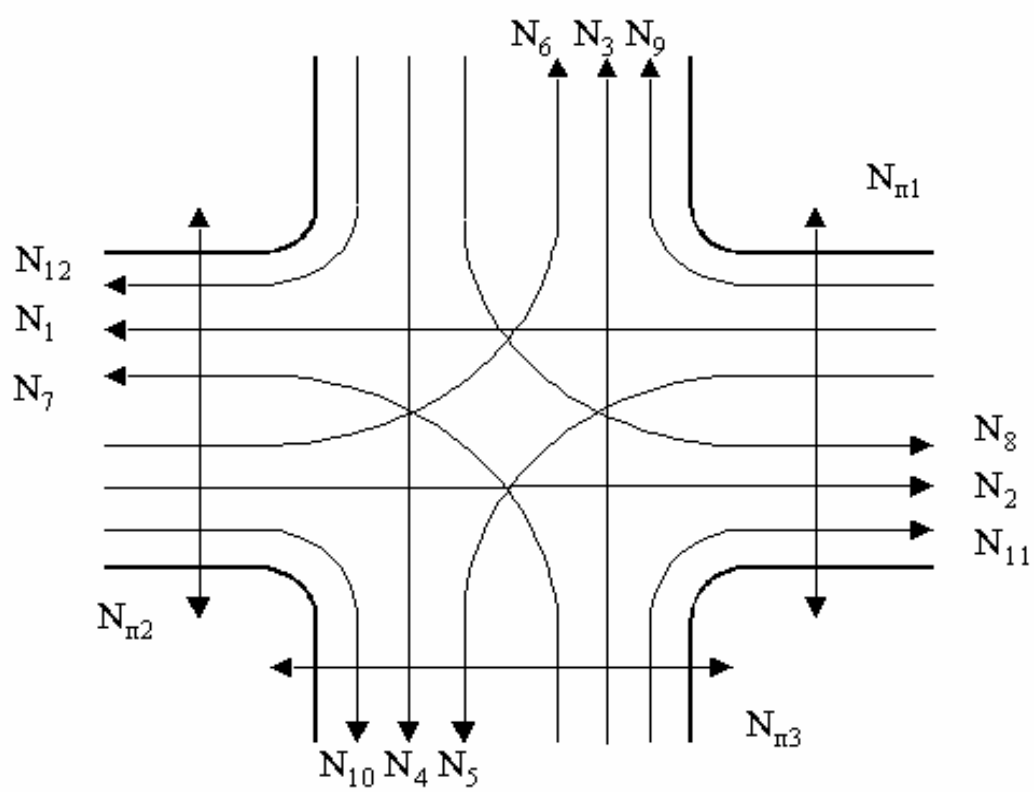


Рис. Г.3 – Варіант 3 схеми перехрестя

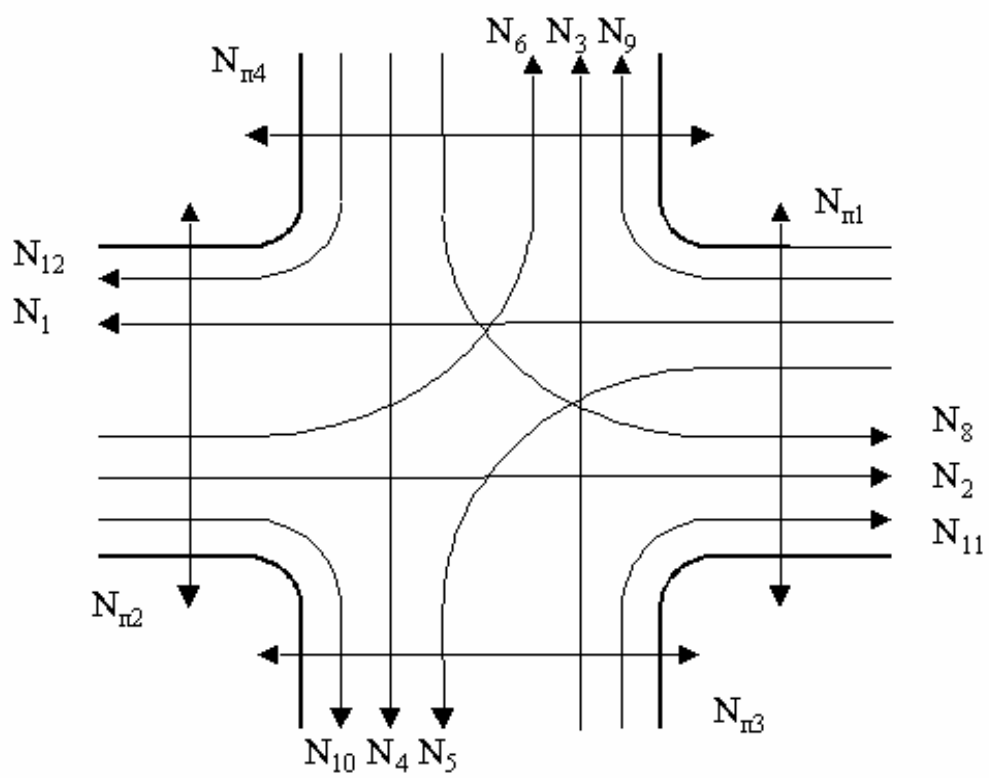


Рис. Г.4 – Варіант 4 схеми перехрестя

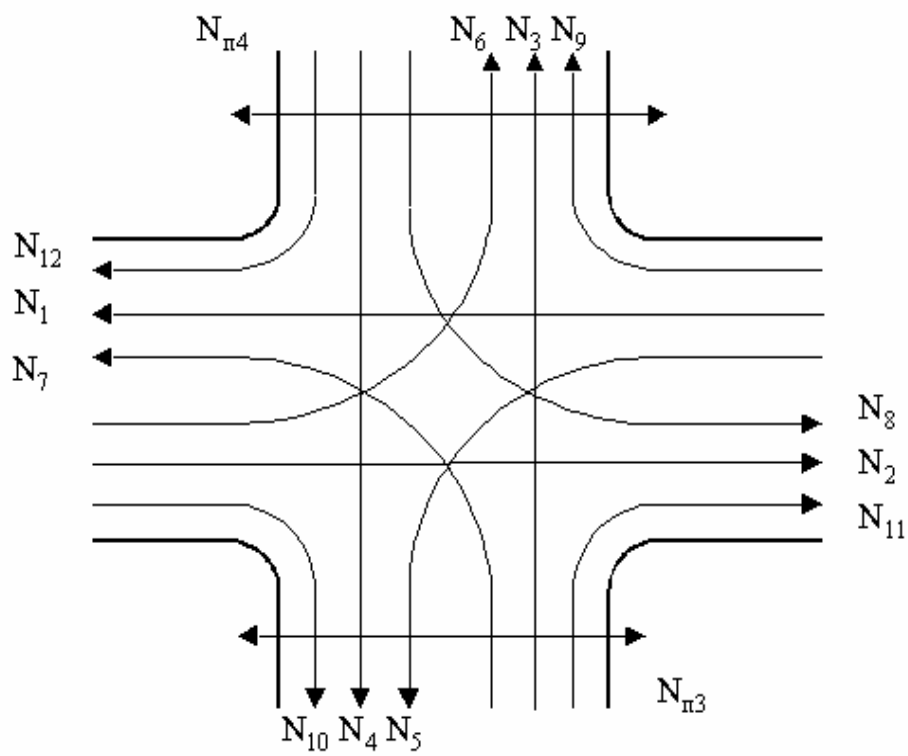


Рис. Г.5 – Варіант 5 схеми перехрестя

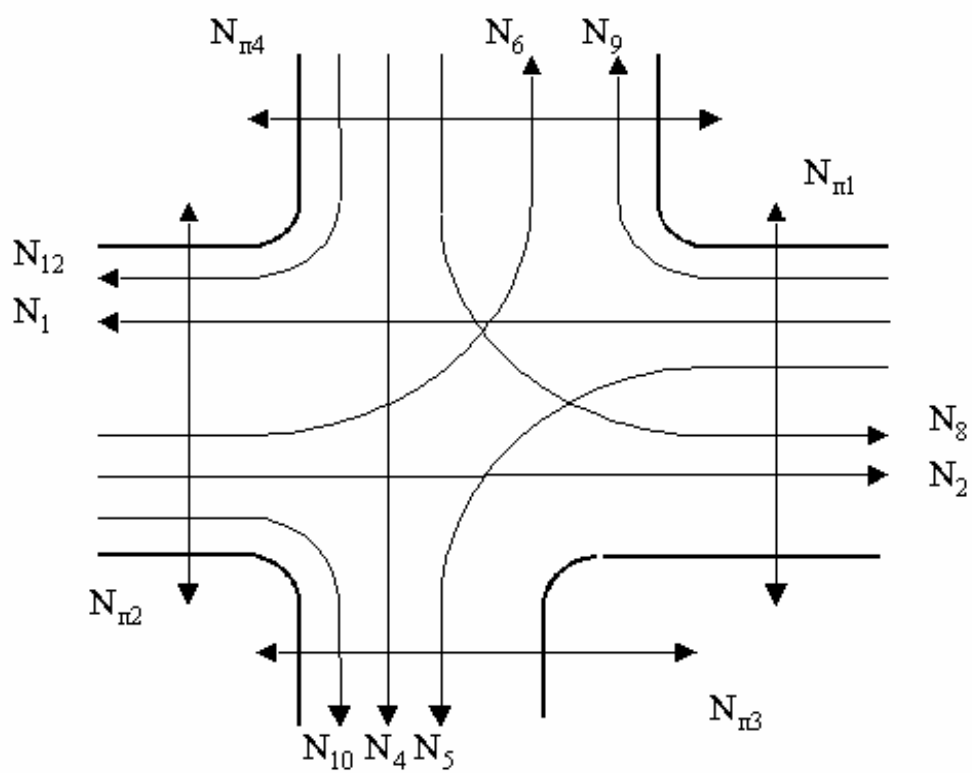


Рис. Г.6 – Варіант 6 схеми перехрестя

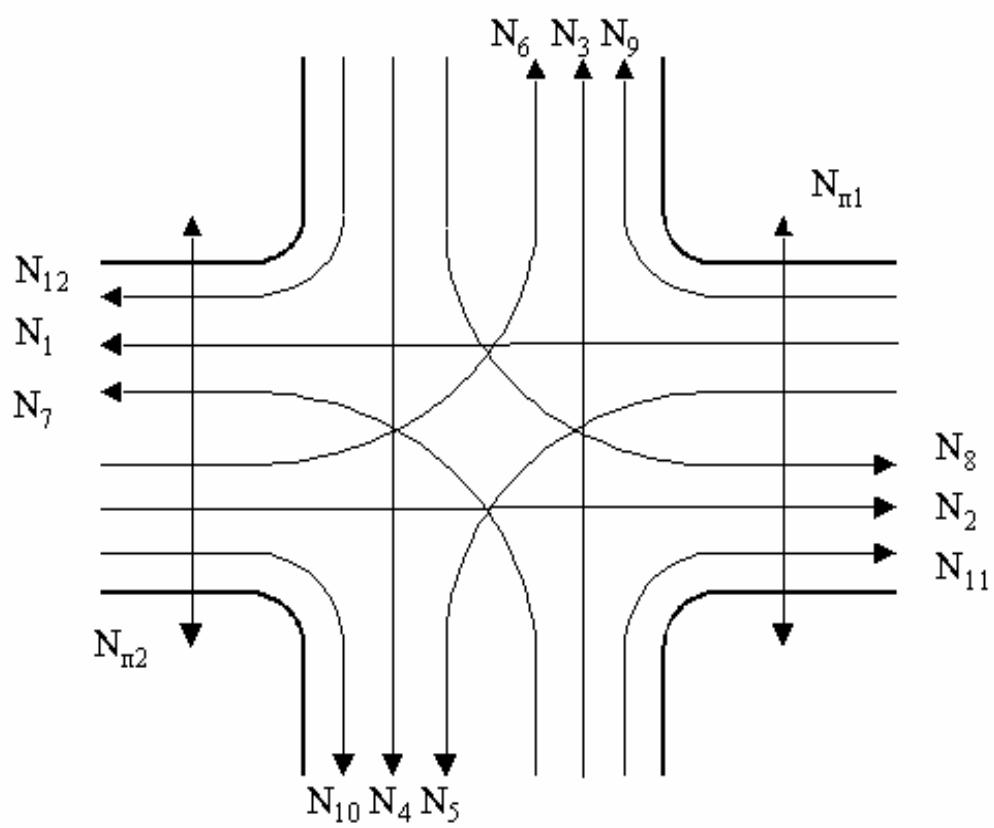


Рис. Г.7 – Варіант 7 схеми перехрестя

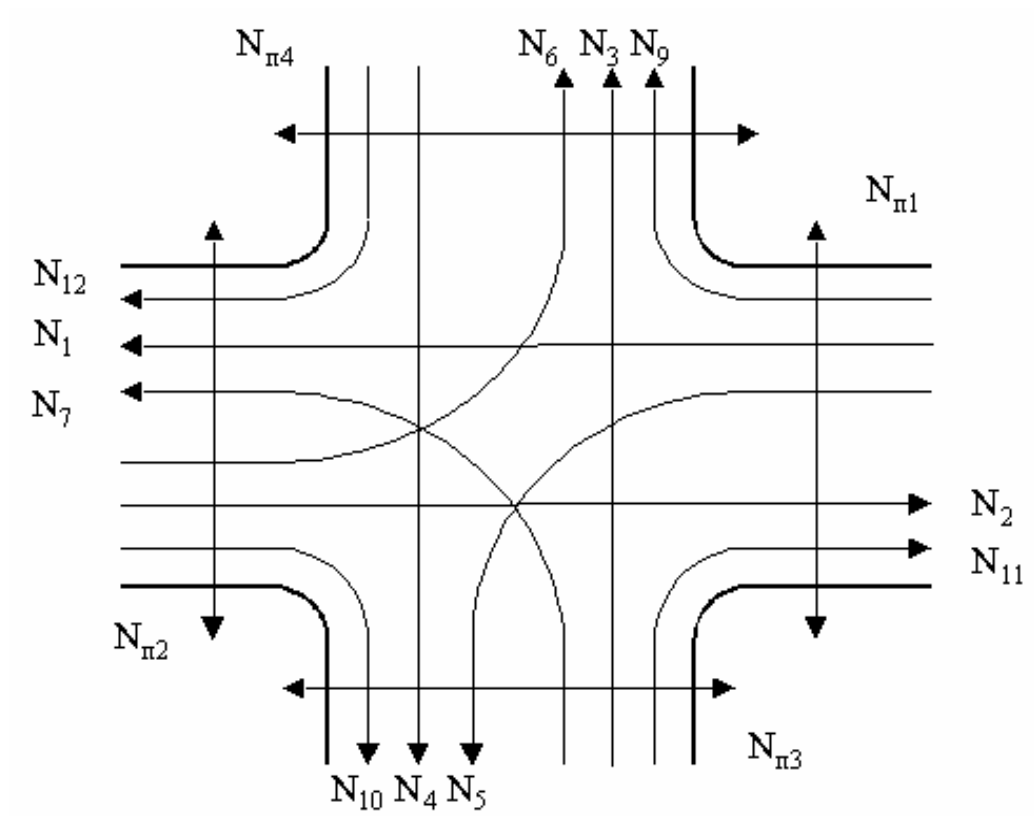


Рис. Г.8 – Варіант 8 схеми перехрестя

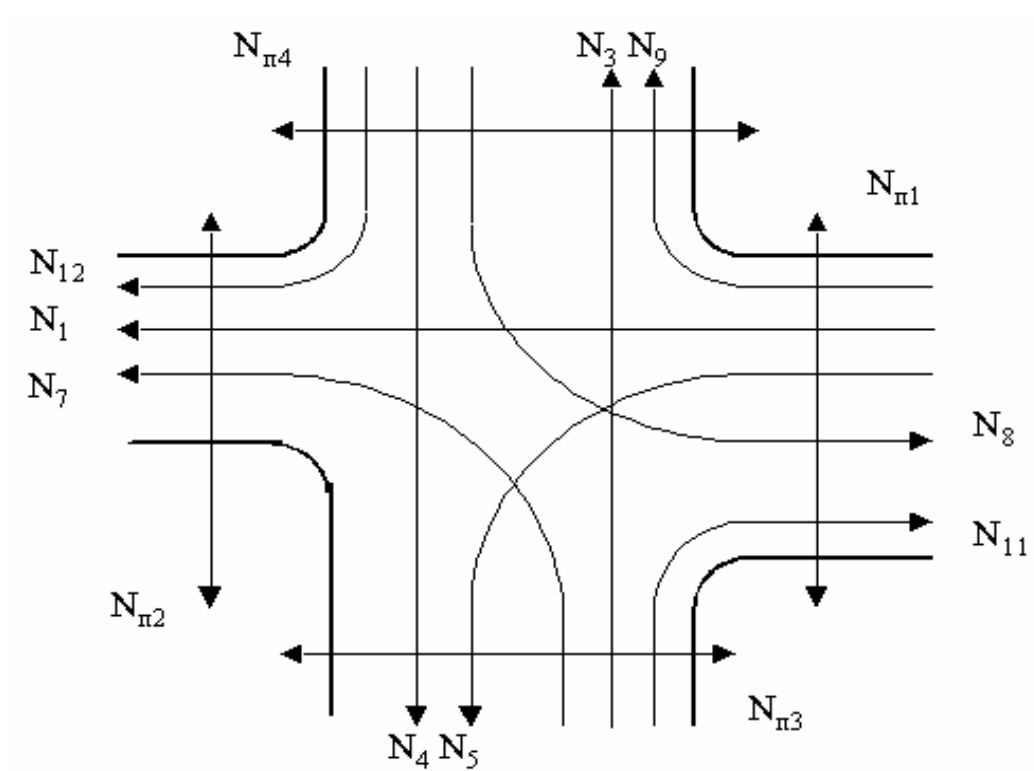


Рис. Г.9 – Варіант 9 схеми перехрестя

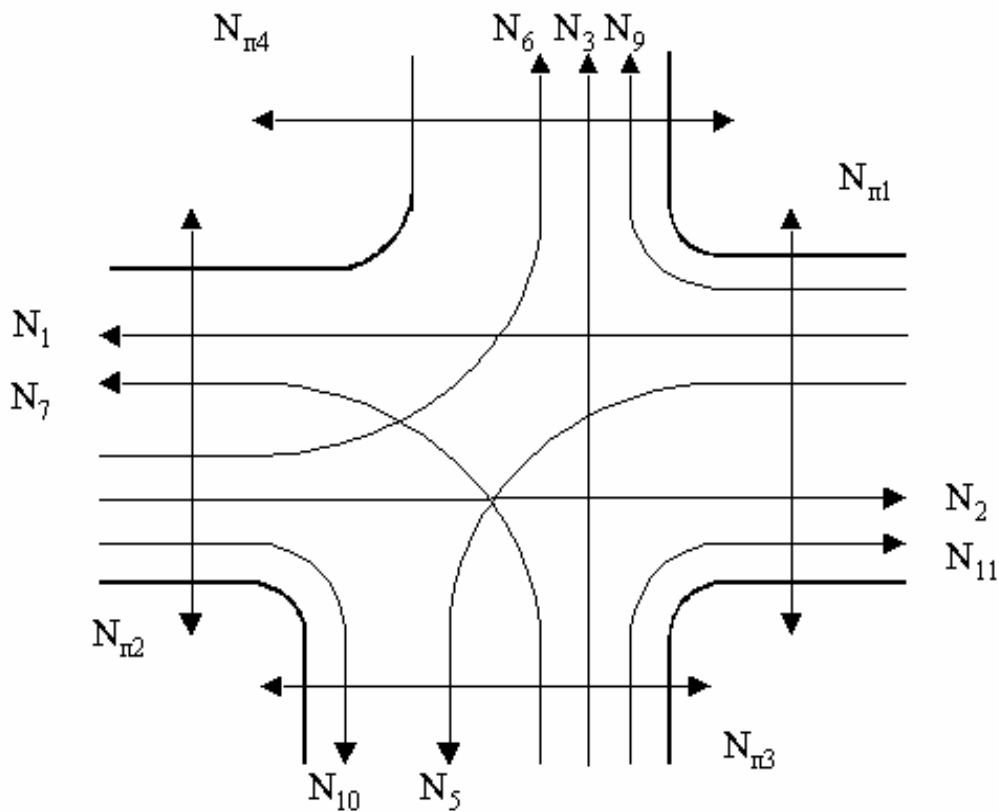


Рис. Г.10 – Варіант 0 схеми перехрестя

КАРТКА

для визначення потоків насичення

Місце розташування перехрестя _____

(назва вулиці, дороги)

Година проведення обліку з ____ до ____

День тижня _____ Дата «__» _____ 20__ р.

Прізвище І.Б. обліковця _____

Напрямок руху							
№1		№2		№3		№4	
m_z , од.	t_z , с.	m_z , од.	t_z , с.	m_z , од.	t_z , с.	m_z , од.	t_z , с.

Рис. Г.11 – Картка обстеження параметрів руху на перехресті

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ЛОБАШОВ Олексій Олегович
ПРАСОЛЕНКО Олексій Володимирович

**Практикум з дисципліни
«Організація дорожнього руху»**

Навчальний посібник

Редактор *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосождарова*

Дизайн обкладинки Г. А. Коровкіна

Підп. до друку 18.05.2010 р.

Друк на ризографі

Формат 60x84 1/16

Ум. друк. арк. 9,3

Тираж 500 пр.

Зам.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК №731 від 19.12.2001